

# 不同保鲜剂处理对鲜切库尔勒香梨品质的影响

白雪蓉<sup>1</sup>,周芳艳<sup>1</sup>,张绍铃<sup>2</sup>,耿新丽<sup>3</sup>,郑贺云<sup>3</sup>,蒲云峰<sup>1</sup>,李婕<sup>1</sup>,任晓璞<sup>1\*</sup>,谢兵<sup>1\*</sup>,王利斌<sup>2</sup>

(1. 塔里木大学 食品科学与工程学院/新疆特色农产品深加工兵团重点实验室,新疆 阿拉尔 843300;  
2. 南京农业大学 园艺学院,江苏 南京 210095;3. 新疆维吾尔自治区葡萄瓜果研究所,新疆 鄯善 838200)

**摘要:** 为探索不同保鲜剂处理对鲜切库尔勒香梨的保鲜效果,以新疆库尔勒香梨为试材,选用不同保鲜剂(褪黑素、氯化钠、氯化钙、水杨酸)处理,通过测定其理化指标及菌落总数,分析货架期鲜切梨的保鲜效果。结果表明:4种保鲜剂对鲜切梨均具有较好保鲜效果。与对照组相比,4种保鲜剂均能够有效抑制多酚氧化酶活性,减缓鲜切梨褐变,维持鲜切梨可溶性固形物、总酸、总糖、维生素C含量。在所有处理组中,褪黑素处理组和水杨酸处理组可较好地维持鲜切梨的质量和色泽,显著抑制微生物生长,减缓品质下降,能够有效延长鲜切库尔勒香梨的货架期。

**关键词:** 褪黑素;氯化钠;氯化钙;水杨酸;保鲜;鲜切库尔勒香梨;品质

## Effects of Different Preservatives on the Quality of Fresh-Cut Korla Fragrant Pears

BAI Xuerong<sup>1</sup>, ZHOU Fangyan<sup>1</sup>, ZHANG Shaoling<sup>2</sup>, GENG Xinli<sup>3</sup>, ZHENG Heyun<sup>3</sup>, PU Yunfeng<sup>1</sup>, LI Jie<sup>1</sup>,  
REN Xiaopu<sup>1\*</sup>, XIE Bing<sup>1\*</sup>, WANG Libin<sup>2</sup>

(1. College of Food Science and Engineering/Corps Key Laboratory of Deep Processing Special Agricultural Products in Southern Xinjiang, Tarim University, Alaer 843300, Xinjiang, China; 2. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu, China; 3. Grape and Melon Institute of Xinjiang, Shanshan 838200, Xinjiang, China)

**Abstract:** Fresh-cut Korla fragrant pears were treated with different preservatives (melatonin, sodium chloride, salicylic acid, and calcium chloride). The physiological and biochemical indexes and the total number of colonies were determined to evaluate the effects of different preservatives on the fresh-cut pears in shelf-life. The results showed that the four preservatives had good preservation effects on fresh-cut pears. Compared with the control group, the four preservatives inhibited the activity of polyphenol oxidase, slowed down the browning, and maintained the content of soluble solids, total acids, total sugars, and vitamin C in fresh-cut pears. Among the preservatives, melatonin and salicylic acid could better maintain the weight and color of fresh-cut pears, significantly inhibit microbial growth, and slow down the quality decline, thus effectively prolonging the shelf-life of fresh-cut Korla fragrant pears.

**Key words:** melatonin; sodium chloride; calcium chloride; salicylic acid; preservation; fresh-cut Korla fragrant pear; quality

引文格式:

白雪蓉,周芳艳,张绍铃,等. 不同保鲜剂处理对鲜切库尔勒香梨品质的影响[J]. 食品研究与开发,2024,45(10):36-43.

BAI Xuerong, ZHOU Fangyan, ZHANG Shaoling, et al. Effects of Different Preservatives on the Quality of Fresh-Cut Korla Fragrant Pears[J]. Food Research and Development, 2024, 45(10): 36-43.

基金项目:新疆生产建设兵团第一师阿拉尔市科技计划项目(2022XX05);塔里木大学校长基金自然科学基金项目(TDZKBS202305);2023 人才发展基金“天池英才”引进计划青年博士项目(230000343);塔里木大学校长基金(TDZKSS202007);库尔勒香梨种质创新与提质增效兵团重点实验室 2021 年度开放课题项目(2020DA004-202104)

作者简介:白雪蓉(2000—),女(汉),硕士研究生,研究方向:果蔬保鲜。

\*通信作者:任晓璞(1985—),男(汉),博士,研究方向:食品科学与工程;谢兵(1989—),男(汉),博士,研究方向:果蔬采后生物学与贮藏保鲜技术。

库尔勒香梨是新疆特色水果之一,主要在新疆库尔勒、阿克苏等地栽植,因其具有香气浓郁、皮薄肉脆、鲜嫩多汁、营养丰富等特性,备受国内外消费者的欢迎<sup>[1-3]</sup>。近年来,随着人们生活节奏的加快,越来越多消费者选择鲜切果蔬进行食用。但在切分过程中,果蔬的完整性会受到机械破坏,使其表面失去保护层,极易发生褐变、被微生物侵染等,从而对果蔬的外观、质量造成影响,还会大大缩短鲜切果蔬的保质期,对鲜切果蔬的发展前景造成很大影响<sup>[4-5]</sup>。有研究发现,鲜切梨在贮藏期间微生物大量生长繁殖,果肉褐变严重,且品质迅速下降<sup>[6]</sup>。因此,寻求一种适合鲜切梨的贮藏保鲜方式,以维持果实良好的品质尤为重要。

目前,化学保鲜技术已经成为解决鲜切果蔬保鲜难题的重要方法之一。其中,保鲜剂的应用越来越广泛,邬滢涛<sup>[6]</sup>研究发现,氯化钠溶液处理可以有效降低梨中多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)的活性和鲜切梨果中PPO酶促褐变发生的概率,缓解鲜切梨果细胞膜系统和细胞器的损伤,减缓梨细胞的衰老进程。褪黑素是一种天然化合物,在延缓果蔬采后衰老、保持果蔬采后品质、延长果蔬货架期等方面具有重要作用<sup>[7]</sup>。研究表明,褪黑素不仅可以减少鲜切梨在贮藏过程中的表面褐变、提高总酚含量和抗氧化能力,还可以降低鲜切梨中的菌落总数,抑制微生物的生长<sup>[8-9]</sup>。同时,钙处理可以促进鲜切梨中 $\gamma$ -氨基丁酸积累并降低谷氨酸含量,也可以延缓梨的呼吸强度、增强果实结构,并抑制果实过氧化作用和自由基的生成,延缓鲜切梨生理生化代谢、延长保质期<sup>[10-11]</sup>。Huang等<sup>[12]</sup>发现,用0.3%的水杨酸溶液对柚子进行浸泡,可以有效地减少可滴定酸和可溶性固形物含量的流失。Romani等<sup>[13]</sup>研究表明用水杨酸溶液处理鲜切的苹果片可以很大程度提高苹果片中过氧化物酶(peroxidase, POD)以及超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)等的抗氧化活性。但是这些处理方法对鲜切库尔勒香梨贮藏品质的影响效果鲜有报道。

因此,本研究采用褪黑素、氯化钠、氯化钙和水杨酸对鲜切库尔勒香梨进行保鲜处理,比较不同保鲜剂对鲜切梨品质指标变化的影响,以期为库尔勒香梨的保鲜技术提供理论和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

选取大小相近、果形端正、成熟度和色泽基本一致的无损伤的库尔勒香梨。氯化钠、无水氯化钙、可溶性淀粉:国药集团化学试剂有限公司;水杨酸:天津永晟精细化工有限公司;褪黑素、邻二苯酚、碘化钾:上海麦克林生化科技有限公司;磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、碳酸氢钠、冰乙酸:天津市致远化学试剂有限公

司;氢氧化钠、二水合乙酸锌、亚铁氰化钾、酒石酸钾钠:天津市永大化学试剂有限公司;草酸、硫酸铜:天津市鑫铂特化工有限公司;平板计数琼脂:青岛高科技工业园海博生物技术有限公司。以上所用试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

HPX-9162 MBE 电热恒温培养箱、GZX-9240 MBE 电热鼓风干燥箱:上海博讯实业有限公司医疗设备厂;CR-400 彩色色差仪:柯尼卡美能达公司;PAL-1 手持折光仪:广州市爱宕科学仪器有限公司;LDZF-50KB-II 立式压力蒸汽灭菌器:上海申安医疗器械厂;J6 紫外可见分光光度计:上海菁华科技仪器有限公司;TGL-20bR 高速冷冻离心机:上海安亭科学仪器厂。

### 1.3 样品处理

将挑选好无病害的库尔勒香梨果实随机分为5组,每组60个。先将果实在0.2%的次氯酸钠溶液中浸泡5 min进行消毒,捞出。自然晾干后削皮,切成5 mm的薄片后分别用不同保鲜剂(0.1 mol/L 氯化钠溶液<sup>[14]</sup>、100  $\mu$ mol/L 褪黑素溶液<sup>[15]</sup>、0.1 mmol/L 水杨酸溶液<sup>[16]</sup>和1%氯化钙溶液<sup>[17]</sup>)浸泡10 min,对照组为蒸馏水浸泡10 min,捞出分装到保鲜盒,于4  $^{\circ}$ C下进行贮藏保鲜。分别在贮藏0、2、4、6、8 d时取样,切块,用液氮快速冷冻,贮存在-40  $^{\circ}$ C冰箱中待测其它生化指标。

### 1.4 试验指标测定

#### 1.4.1 失重率测定

采用称量法<sup>[16]</sup>测定失重率,计算公式如下。

$$G = \frac{m - m_1}{m} \times 100 \quad (1)$$

式中: $G$ 为失重率,%; $m$ 为贮藏前样品质量,g; $m_1$ 为贮藏后样品的质量,g。

#### 1.4.2 褐变指数测定

采用李丽梅等<sup>[18]</sup>的方法,对果片进行褐变程度分级并计算褐变指数(%)。

#### 1.4.3 色差测定

利用色彩色差仪测定果片表面色差,用 $L^*$ 值、 $a^*$ 值来表征果实的色泽变化。

#### 1.4.4 可溶性固形物含量测定

利用PAL-1型手持糖度计进行测定可溶性固形物含量,将鲜切梨片切碎混匀取样,求其平均值。

#### 1.4.5 总酸测定

参照GB 12456—2021《食品安全国家标准 食品中总酸的测定》<sup>[19]</sup>中的酸碱滴定法。称量8 g试样果肉,用研磨棒研碎,然后加水移入100 mL容量瓶中,定容在刻度线上,摇晃均匀,静置2 h待用。取30 mL样液进行氢氧化钠滴定,设计3个重复,同时做空白试验,将用量记录下来并取平均值,计算公式如下。

$$X = \frac{C \times (V_1 - V_2) \times K \times V_3}{W \times V_4} \times 100 \quad (2)$$

式中:  $X$  为总酸含量, %;  $C$  为标准氢氧化钠溶液的浓度, mol/L;  $V_1$  为滴定时所消耗的标准氢氧化钠的体积, mL;  $V_2$  为空白时所消耗标准氢氧化钠体积, mL;  $V_3$  为样品稀释液的总体积, mL;  $V_4$  为滴定时吸取的样液的体积, mL;  $W$  为样品质量, g;  $K$  为 1 mol 氢氧化钠相当于主要酸的克数, g。

#### 1.4.6 总糖含量的测定

参照 GB 5009.7—2016《食品安全国家标准 食品中还原糖的测定》<sup>[20]</sup> 中的样品处理方法对测定样品进行处理再经过酸解处理, 用还原糖测定方法进行滴定, 并计算总糖含量。

#### 1.4.7 维生素 C 测定

采用曹建康等<sup>[21]</sup> 2,6-二氯酚酚滴定法测定维生素 C 的含量。

#### 1.4.8 菌落总数测定

参照 GB 4789.2—2022《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数》测定菌落总数<sup>[22]</sup>。

#### 1.4.9 多酚氧化酶活性测定

采用曹建康等<sup>[21]</sup> 邻苯二酚法测定多酚氧化酶活性。

### 1.5 数据处理与分析

各处理组平行 3 次, 结果使用平均值±标准差表示, 试验数据采用 Excel 2019 及 Origin 2021 软件进行数据处理及图形绘制, 采用 SPASS23 软件进行数据差异显著性分析 ( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

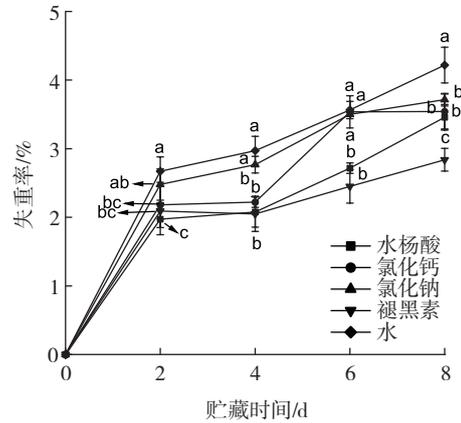
### 2.1 不同保鲜剂对鲜切库尔勒香梨失重率的影响

水果失重后, 原有的饱满状态和光泽会消失, 其商品价值也大打折扣。所以, 失重率对水果商品价值有很大的影响, 是衡量水果保鲜效果的一个重要指标<sup>[23]</sup>。不同保鲜剂处理鲜切库尔勒香梨的结果如图 1 所示。

由图 1 可知, 鲜切梨的失重率随贮藏期的延长呈现逐渐上升的趋势, 切分后的第一天失重率上升最快。但经过不同保鲜剂处理, 鲜切梨的失重率显著降低 ( $P < 0.05$ ), 在贮藏至 8 d 时, 对照组、氯化钠、氯化钙、水杨酸和褪黑素处理组的失重率分别为 4.22%、3.71%、3.54%、3.46%、2.84%。褪黑素处理在整个贮藏过程中, 失重率始终处于较低的状态。在贮藏 8 d 时, 失重率不到 3%, 与对照组在贮藏 3~4 d 时的失重率相当。而氯化钙和氯化钠处理组在贮藏过程中的失重速率与对照组相当, 保鲜效果不理想。试验表明, 用褪黑素和水杨酸溶液处理更有利于维持鲜切梨的水分。

### 2.2 不同保鲜剂对鲜切库尔勒香梨褐变指数的影响

褐变指数通常用于衡量食品品质和营养价值。褐

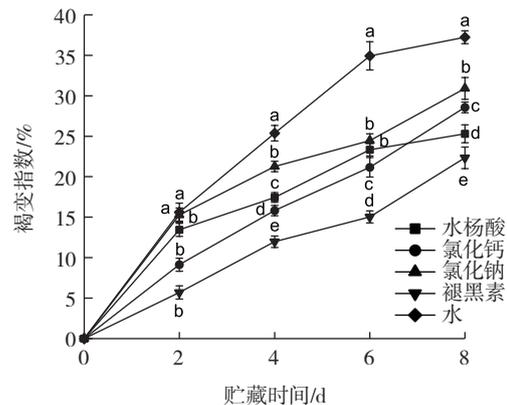


相同贮藏时间不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 1 不同保鲜剂对鲜切梨失重率的影响

Fig.1 Effects of different preservatives on the weight loss rate of fresh-cut pears

变指数越高, 表示食品中的营养物质和食用品质可能会下降, 从而影响产品的品质和保质期。在鲜切梨加工过程中, 损伤诱发的变化会使梨品质在感官及营养方面产生一定的变化, 并在贮藏过程中, 发生褐变现象, 其中最主要是酶促褐变<sup>[24]</sup>。不同保鲜剂对鲜切梨褐变指数的影响如图 2 所示。



相同贮藏时间不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 2 不同保鲜剂对鲜切梨褐变指数的影响

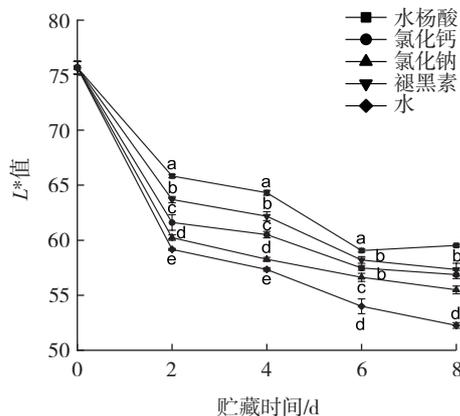
Fig.2 Effects of different preservatives on the browning index of fresh-cut pears

由图 2 可知, 各个处理及对照组的鲜切梨随着贮藏时间的延长, 褐变指数持续上升, 贮藏至 8 d 时, 对照组、氯化钠、氯化钙, 水杨酸和褪黑素处理组的褐变指数分别为 37.23%、30.90%、28.57%、25.30%、22.33%, 4 种保鲜剂处理显著低于对照的褐变指数, 其中褪黑素处理的褐变指数上升最为缓慢, 与对照组形成鲜明对比。因此, 4 种保鲜剂处理均可减轻果肉的褐变, 但褪黑素处理能明显延缓果肉的褐变, 氯化钙处理和水杨酸处理次之, 氯化钠处理效果较差。

### 2.3 不同保鲜剂对鲜切库尔勒香梨色差的影响

色泽是食品在加工、贮藏时, 经常被用来作为食品

感官及营养品质的指示。果实发生褐变,常伴随着  $L^*$  值的下降和  $a^*$  值的上升,其中  $L^*$  值表示切面的黑白(亮度)程度, $L^*$  值越大,亮度越大,表面越有光泽<sup>[25]</sup>。不同保鲜剂对鲜切梨  $L^*$  值的影响如图 3 所示。



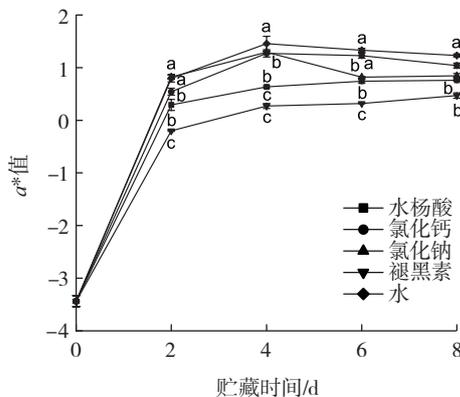
相同贮藏时间不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 3 不同保鲜剂对鲜切梨色差  $L^*$  值的影响

Fig.3 Effects of different preservatives on the color difference  $L^*$  value of fresh-cut pears

由图 3 可知,保鲜剂处理与对照处理的  $L^*$  值初始值相同,且均随着贮藏时间的延长而下降,贮藏至 8 d 时,对照组、氯化钠、氯化钙、褪黑素和水杨酸处理组的  $L^*$  值分别为 52.26、55.49、56.88、57.33、59.52,经水杨酸溶液和褪黑素溶液处理后的鲜切果肉  $L^*$  值较大,氯化钠和氯化钙处理次之,但均与对照处理的  $L^*$  值差异显著 ( $P < 0.05$ ),说明保鲜剂处理可以减缓鲜切梨亮度下降,但发现 6 d 和 8 d 变化均减小,这可能是因为 8 d 时果块已经完全失水,细胞不可逆衰老死亡,导致明暗程度不再变化。

$a^*$  值表示切面的红绿颜色的深浅程度,若  $a^*$  值越大,则表示红色越重。不同保鲜剂对鲜切梨  $a^*$  值的影响如图 4 所示。



相同贮藏时间不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

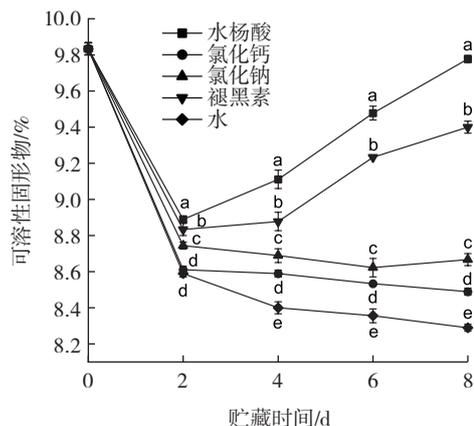
图 4 不同保鲜剂对鲜切梨色差  $a^*$  值的影响

Fig.4 Effects of different preservatives on the color difference  $a^*$  value of fresh-cut pears

由图 4 可知,在鲜梨果切后的  $a^*$  值在整体上呈现出上升的趋势,并且它的颜色也会随着时间的延长而逐渐变得越来越红,越来越深。贮藏至 4 d 对对照组的  $a^*$  值显著 ( $P < 0.05$ ) 大于处理组。与对照组相比,褪黑素溶液处理后的鲜切果肉  $a^*$  值上升较慢,6~8 d 时处理组  $a^*$  值上升变缓,基本不再变化,这可能是因为 8 d 时果块已经褐变完全,导致颜色不再变化,这与  $L^*$  值变化一致。氯化钙和褪黑素处理组  $a^*$  值差异显著 ( $P < 0.05$ ) 低于对照组。在贮藏到 8 d 时,对照组,氯化钙、氯化钠,水杨酸和褪黑素处理组  $a^*$  值分别为 1.23、1.04、0.85、0.76、0.47,说明褪黑素溶液处理可更好地缓解梨果肉颜色变深的程度,其次为水杨酸处理组。

#### 2.4 不同保鲜剂对鲜切库尔勒香梨可溶性固形物含量的影响

水果可溶性固形物含量是指水果中可溶于水的固体物质的质量分数,这些果实中的可溶性固形物是影响果实品质的一个重要因素,它包括单糖、二糖、有机酸、矿物质等<sup>[26]</sup>。不同保鲜剂对鲜切梨可溶性固形物含量的影响如图 5 所示。



相同贮藏时间不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 5 不同保鲜剂对鲜切梨可溶性固形物含量的影响

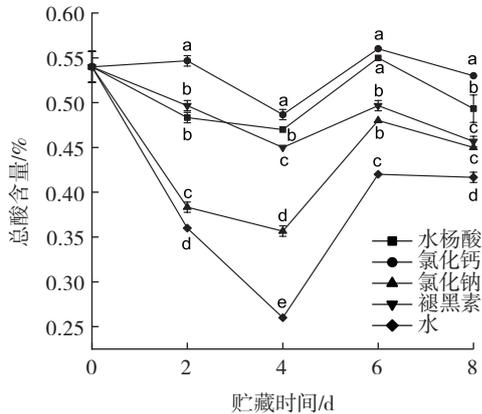
Fig.5 Effects of different preservatives on the soluble solids content in fresh-cut pears

由图 5 可知,鲜切梨在贮藏过程中,果肉中可溶性固形物的含量整体呈先下降,部分继续下降,部分上升的趋势。在贮藏 8 d 时,可溶性固形物含量由高到低分别为 9.78%、9.40%、8.67%、8.49%、8.29%。各处理组果肉中可溶性固形物的含量较对照组显著 ( $P < 0.05$ ) 增加,并且与 0 d 时的含量 (9.80%) 相比,在贮藏结束时,水杨酸、褪黑素处理的果肉中可溶性固形物的含量基本持平。水杨酸和褪黑素处理组,在贮藏过程中可溶性固形物含量相对较高,在贮藏 4~8 d 时,表现出较好的保鲜效果。特别是在贮藏至 8 d 的时候,经水杨酸溶液处理后的可溶性固形物含量是对照组的 8.48 倍。这与王欢<sup>[25]</sup>用水杨酸处理鲜切马铃薯试验中所得结果一致。而对于氯化钙和氯化钠处理组,在贮藏过程中

可溶性固形物含量与对照组相比差异较小。

## 2.5 不同保鲜剂对鲜切库尔勒香梨总酸含量的影响

水果中总酸的含量是一项重要的营养品质评价指标。不同保鲜剂对鲜切梨总酸含量的影响见图6。



相同贮藏时间不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图6 不同保鲜剂对鲜切梨总酸含量的影响

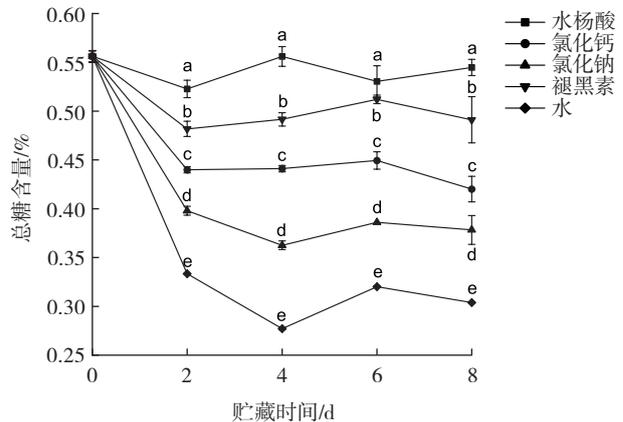
Fig.6 Effects of different preservatives on the total acids content in fresh-cut pears

由图6可知,在对照组和处理组果实中,总酸含量均出现了先下降后上升的反复趋势。但经不同保鲜剂处理的鲜切梨果肉中总酸的含量均显著( $P < 0.05$ )高于对照组,尤其是氯化钙与氯化钠处理组总酸的含量更为显著( $P < 0.05$ )。其中以氯化钙处理的鲜切梨果肉中总酸的含量变化较为缓慢,始终维持在一个较高的水平。说明氯化钙、水杨酸、褪黑素和氯化钠处理组保鲜剂处理可以有效地维持鲜切梨总酸含量,在贮藏至8 d时,4个处理组的总酸含量分别为0.53%、0.49%、0.46%、0.45%,氯化钙处理组总酸含量几乎与未处理持平,可见其维持总酸含量效果比其它3种处理更佳。而氯化钠变化趋势和对照组接近,说明氯化钠溶液处理可以略微减缓梨的酸度下降速度,保鲜效果较弱。研究表明,总酸含量均出现了先下降后上升的趋势,这是因为梨在新鲜切开以后,仍在进行着生理代谢,并且呼吸增强,消耗了大量的有机物,有机酸作为直接的氧化底物被不断地分解<sup>[26]</sup>。同时,还原糖的氧化分解又能补充不断消耗掉的有机酸<sup>[27]</sup>。

## 2.6 不同保鲜剂对鲜切库尔勒香梨总糖含量的影响

总糖含量是衡量果实品质的重要指标,不同保鲜剂对鲜切梨总糖含量的影响如图7所示。

由图7可知,鲜切梨在贮藏过程中总糖含量呈现先下降后上升的反复趋势。鲜切梨经过保鲜剂处理后总糖含量显著( $P < 0.05$ )高于对照组,尤其水杨酸溶液处理的总糖含量在贮存4 d达到最大值,为对照组的2倍,且8 d时达到未处理前的水平,这表明水杨酸对总糖的分解有更强的抑制作用。其中褪黑素和氯化钙溶液处理变化趋势相近,仅次于水杨酸处理组。同时,发



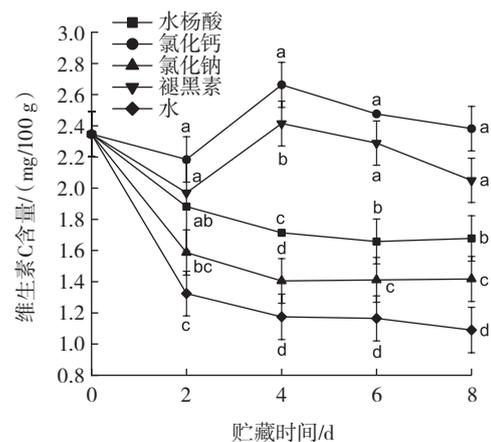
相同贮藏时间不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图7 不同保鲜剂对鲜切梨总糖含量的影响

Fig.7 Effects of different preservatives on the total sugars content in fresh-cut pears

现氯化钠溶液处理的总糖含量下降很快,氯化钠和水杨酸组鲜切梨总糖含量差异显著( $P < 0.05$ ),说明氯化钠处理可以略微减弱鲜切梨糖分下降,保鲜效果较弱。2.7 不同保鲜剂对鲜切库尔勒香梨维生素C含量的影响

维生素C是人体所需较为重要的维生素之一,其主要来源于果实,果实中维生素C含量越高,其营养价值也就越高。不同保鲜剂对鲜切梨维生素C含量的影响如图8所示。



相同贮藏时间不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图8 不同保鲜剂对鲜切梨维生素C含量的影响

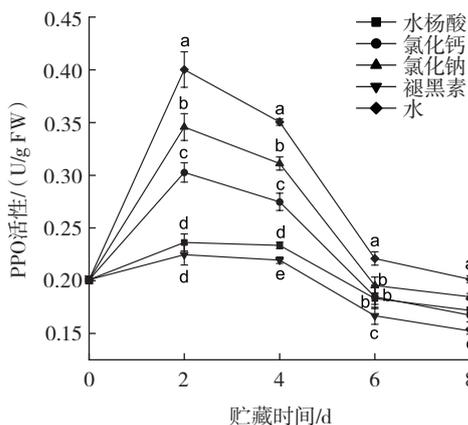
Fig.8 Effects of different preservatives on the vitamin C content in fresh-cut pears

由图8可知,梨经切割后维生素C含量下降,与氯化钙和褪黑素溶液处理组呈上升又下降的趋势相比,经氯化钙、褪黑素、水杨酸和氯化钠处理的鲜切梨维生素C含量明显高于对照组,在贮藏至8 d时,4个处理组的维生素C含量分别为2.38、2.05、1.68、1.42 mg/100 g,其中氯化钙溶液处理的维生素C在贮藏期一直保持较高的含量,且贮藏结束后与未处理前的含量基本持

平,有助于维持维生素 C 含量,减缓鲜切梨品质下降。水杨酸处理组对维生素 C 含量的影响不显著,整体趋势平缓。而氯化钠溶液处理组呈明显下降趋势,保鲜效果较差。据试验表明,氯化钙溶液处理最有助于维生素 C 含量的提升,提高鲜切梨保鲜效果。这与王艳颖等<sup>[28]</sup>使用氯化钙处理对鲜切芹菜时结果一致。

### 2.8 不同保鲜剂对鲜切库尔勒香梨多酚氧化酶活性的影响

多酚氧化酶是果蔬发生酶促褐变的主要酶类之一。不同保鲜剂对鲜切梨多酚氧化酶活性的影响如图 9 所示。



相同贮藏时间不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 9 不同保鲜剂对鲜切梨多酚氧化酶活性的影响

Fig.9 Effects of different preservatives on the polyphenol oxidase activity in fresh-cut pears

由图 9 可知,各处理和对照组的多酚氧化酶活力均呈先升高后降低的趋势。各处理组的多酚氧化酶活力显著 ( $P < 0.05$ ) 低于对照组。在贮藏到 8 d 时,多酚氧化酶活性由高到低分别为 0.201、0.185、0.172、0.167、0.152 U/g FW。由此可以看出,褪黑素、水杨酸和氯化钙等对鲜切梨多酚氧化酶的活性进行了抑制,避免了酶促褐变的发生,进而改善了鲜切水果的外观品质。尤其是褪黑素处理组效果更显著 ( $P < 0.05$ )。相对而言,氯化钠抑制梨果中多酚氧化酶的活性的效果不明显。

研究表明,多酚氧化酶活性总体呈现出先上升随后下降的趋势,其原因可能是,在被机器切割以后,梨的果肉会被损坏,里面的营养物质会流失<sup>[29]</sup>,同时,也会对细胞结构的完整性造成损害,导致多酚氧化酶活性增加,极易引起褐变<sup>[30]</sup>。贮藏过程中尽可能保持较低的多酚氧化酶活性,才能有效抑制果蔬酶促褐变。

### 2.9 不同保鲜剂对鲜切库尔勒香梨菌落总数的影响

菌落总数通常是用来表示在一个样品中存在的微生物总数的指标。同时也可作为衡量鲜切水果品质的重要指标之一。不同保鲜剂对鲜切梨菌落总数的影响如图 10、11 所示。

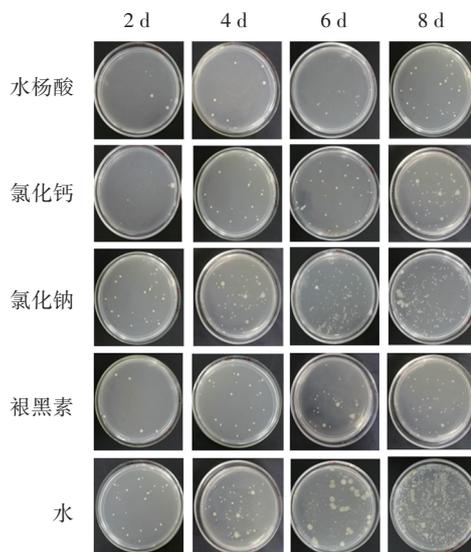
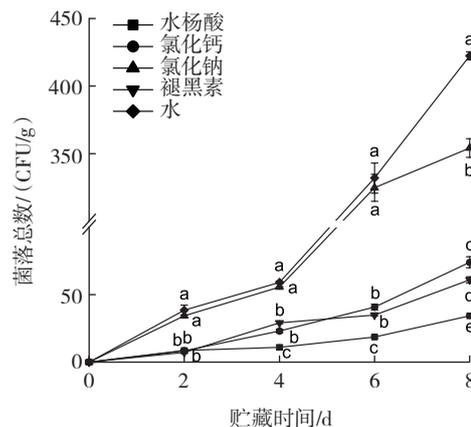


图 10 不同保鲜剂处理鲜切梨菌落生长情况

Fig.10 Growth of colonies of fresh-cut pears treated with different preservatives



相同贮藏时间不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 11 不同保鲜剂对鲜切梨菌落总数的影响

Fig.11 Effects of different preservatives on the total number of bacterial colonies in fresh-cut pears

由图 10 可知,4 种不同保鲜剂和去离子水处理后菌落生长的情况,清晰的看出水杨酸的抑菌效果更为显著 ( $P < 0.05$ )。由图 11 可知,随着贮藏时间的延长,4 种保鲜剂以及对照组处理的菌落数都呈现出上升趋势,在贮藏到 8 d 时,菌落总数数量由高到低分别为 422.36、354.09、73.94、60.91、34.24 CFU/g,尤其是对照组更是呈倍数上升,并且发现氯化钠处理组与对照组较为相似,氯化钙和褪黑素处理组菌落数相近且均优于氯化钠处理,而水杨酸处理组抑菌效果最佳,菌落总数最少。试验表明,经过保鲜剂处理的鲜切梨菌落总数均有所下降。其中水杨酸处理是一种高效的果蔬保鲜手段,能减轻其生理紊乱及腐败,进而延缓其衰老,这与王欢<sup>[25]</sup>用水杨酸处理鲜切马铃薯试验中所得结果一致。

## 3 结论

褪黑素、氯化钠、氯化钙、水杨酸处理对鲜切梨均有一定的保鲜效果。其中水杨酸处理和褪黑素处理整体保鲜效果较佳,能够显著抑制鲜切梨中PPO的活性,有效延缓鲜切梨褐变,更好地维持质量、色泽、维生素C、总酸、总酚、可溶性固形物含量,抑制微生物生长,维持鲜切梨的良好品质。氯化钙、氯化钠处理效果次之,但仍与水处理有显著差异。因此,说明4种保鲜剂均可有效维持鲜切果实的品质,尤其是水杨酸和褪黑素处理,可有效延长鲜切库尔勒香梨的货架期。

## 参考文献:

- LIU Y, ZHAO J F, TANG Y R, et al. Construction of a chlorophyll content prediction model for predicting chlorophyll content in the pericarp of Korla fragrant pears during the storage period[J]. Agriculture, 2022, 12(9): 1348.
- JIA X H, WANG W H, DU Y M, et al. Optimal storage temperature and 1-MCP treatment combinations for different marketing times of Korla Xiang pears[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2018, 17(3): 693-703.
- WANG Z T, TANG Y R, LIU Y, et al. Inhibitory effect of CaCl<sub>2</sub> and carboxymethyl chitosan coating on the after-ripening of Korla fragrant pears in cold storage[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2021, 56(12): 6777-6790.
- 李甜荣, 汤静, 祝竞芳, 等. 氯化钙处理对鲜切火龙果品质及γ-氨基丁酸积累的影响[J]. 南京农业大学学报, 2022, 45(4): 769-776.
- LI Tianrong, TANG Jing, ZHU Jingfang, et al. Effect of calcium chloride treatment on quality and γ-aminobutyric acid accumulation of fresh-cut pitaya fruit[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2022, 45(4): 769-776.
- 刘静润, 郝文, 彭勇, 等. 覆盆子水提取液对鲜切苹果褐变的抑制作用[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(18): 26-33.
- LIU Jingrun, HAO Wen, PENG Yong, et al. Inhibitory effect of raspberry water extract on the browning of fresh-cut apple[J]. Food Research and Development, 2022, 43(18): 26-33.
- 邬滢涛. 氯化钠溶液对鲜切梨果褐变的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2022.
- WU Yingtao. Effects of sodium chloride solution on browning of fresh-cut pear fruit[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2022.
- FENG B S, KANG D C, SUN J, et al. Research on melatonin in fruits and vegetables and the mechanism of exogenous melatonin on postharvest preservation[J]. Food Bioscience, 2022, 50: 102196.
- ZHENG H H, LIU W, LIU S, et al. Effects of melatonin treatment on the enzymatic browning and nutritional quality of fresh-cut pear fruit[J]. Food Chemistry, 2019, 299: 125116.
- 孔玉娇, 周慧, 朱树华. 褪黑素对鲜切梨抗氧化系统和NO合成的影响[J]. 包装工程, 2021, 42(3): 1-11.
- KONG Yujiao, ZHOU Hui, ZHU Shuhua. Effects of melatonin on antioxidant system and NO synthesis pathway of fresh-cut pear[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(3): 1-11.
- CHI Z Y, DAI Y Q, CAO S F, et al. Exogenous calcium chloride (CaCl<sub>2</sub>) promotes γ-aminobutyric acid (GABA) accumulation in fresh-cut pears[J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 174: 111446.
- ALANDES L, PÉREZ-MUNUERA I, LLORCA E, et al. Use of calcium lactate to improve structure of 'Flor de Invierno' fresh-cut pears[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 53(3): 145-151.
- HUANG Q, HUANG L L, CHEN J Y, et al. Maintenance of postharvest storability and overall quality of 'Jinshayou' pummelo fruit by salicylic acid treatment[J]. Frontiers in Plant Science, 2023, 13: 1086375.
- ROMANI R J, HESS B M, LESLIE C A. Salicylic acid inhibition of ethylene production by apple discs and other plant tissues[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 1989, 8(1): 63-69.
- 马金伶. 氯化钠溶液处理保持鲜切苹果品质的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2019.
- MA Jinling. Studies on the quality of fresh-cut apples treated with NaCl solution[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2019.
- 周慧. 褪黑素对鲜切梨贮藏过程中抗氧化及抑菌效果的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2019.
- ZHOU Hui. Effects of melatonin on antioxidant and bacteriostatic activities of fresh-cut pears during storage[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2019.
- 董增, 岳付萍, 曹稳根, 等. 水杨酸对鲜切苹果贮藏效果的影响[J]. 怀化学院学报, 2017, 36(11): 62-67.
- DONG Zeng, YUE Fuping, CAO Wengen, et al. Effects of salicylic acid of different concentrations on the storage effect of fresh-cut apple slices[J]. Journal of Huaihua University, 2017, 36(11): 62-67.
- 张筱. 不同保鲜剂对鲜切桃褐变和贮藏品质的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- ZHANG Xiao. Effects of different antistaling agents on browning and storage quality of fresh-cut peaches[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2017.
- 李丽梅, 关军锋, 何近刚. 不同薄膜包装对华山梨冷藏和模拟货架期贮藏效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(1): 9-13.
- LI Limei, GUAN Junfeng, HE Jingang. Effect of different MA package on storage quality during cold storage and shelf-time storage period of Huashan pear[J]. Storage and Process, 2011, 11(1): 9-13.
- 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中总酸的测定: GB 12456—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- National Health Commission of the People's Republic of China, State Administration of Market Supervision and Administration. National food safety standard Determination of total acid in foods: GB 12456—2021[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定: GB 5009.7—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National standard for food safety Determination of reducing sugar in foods: GB 5009.7—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- 曹建康, 姜微波, 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.
- CAO Jiankang, JIANG Weibo, ZHAO Yumei. Guidance on postharvest physiological and biochemical experiments of fruits and vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007.
- 国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- National Health Commission of the People's Republic of China, State Administration of Market Supervision and Administration. National food safety standard Microbiological examination of food:

- Aerobic plate count: GB 4789.2—2022[S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.
- [23] 杨修斌, 卢影, 郑建仙. 复合护色保鲜液抑制鲜切梨褐变的效果[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(11): 156-160.  
YANG Xiubin, LU Ying, ZHENG Jianxian. Study on effects of compound reagent on inhibiting browning of fresh-cut pears[J]. Food and Fermentation Industries, 2010, 36(11): 156-160.
- [24] LI Z H, ZHANG Y X, GE H B. The membrane may be an important factor in browning of fresh-cut pear[J]. Food Chemistry, 2017, 230: 265-270.
- [25] 王欢. 水杨酸及其甲酯在鲜切马铃薯保鲜中的应用与机制初探[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2021.  
WANG Huan. The application and mechanism of salicylic acid and its methyl ester in fresh-cut potato preservation[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2021.
- [26] 刘婧, 史萌, 关文强, 等. 猕猴桃货架期间品质动力学及寿命预测模型[J]. 包装工程, 2019, 40(9): 6-14.  
LIU Jing, SHI Meng, GUAN Wenqiang, et al. Quality kinetics and life prediction model of kiwifruit during shelf life[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(9): 6-14.
- [27] 庞坤, 胡文忠, 王艳颖, 等. 切割伤害对苹果营养成分及褐变相关酶活性变化的影响[J]. 食品科技, 2008, 33(4): 37-41.  
PANG Kun, HU Wenzhong, WANG Yanying, et al. Effect of mechanical damage on the nutritional compositions and enzymatic activity related to browning in fresh-cut Fuji apple[J]. Food Science and Technology, 2008, 33(4): 37-41.
- [28] 王艳颖, 刘程惠, 田密霞, 等. 氯化钙处理对鲜切芹菜生理与品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 2458-2463.  
WANG Yanying, LIU Chenghui, TIAN Mixia, et al. Effects of calcium chloride treatment on the physiologic quality of fresh-cut celery[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2015, 6(7): 2458-2463.
- [29] WHITAKER J R, LEE C Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning[M]//LEE C Y, WHITAKER J R, eds. ACS Symposium Series. Washington, DC: American Chemical Society, 1995: 2-7.
- [30] LEE J Y, PARK H J, LEE C Y, et al. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents[J]. LWT-Food Science and Technology, 2003, 36(3): 323-329.

加工编辑:王雪

收稿日期:2023-09-06

(上接第6页)

- tions of bitter and astringent taste compounds in the bamboo shoot of *Dendrocalamus latiflorus* under different light intensities[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2015, 39(3): 161-166.
- [28] GONZÁLEZ C M, LLORCA E, QUILES A, et al. An *in vitro* digestion study of tannins and antioxidant activity affected by drying "Rojo Brillante" persimmon[J]. LWT - Food Science and Technology, 2022, 155: 112961.
- [29] 王挥, 陈卫军, 龙雪峰, 等. 椰子不同部位 LPS、PPO 以及 POD 活性分布的研究[J]. 广东农业科学, 2013, 40(16): 101-103.  
WANG Hui, CHEN Weijun, LONG Xuefeng, et al. Studies on activity distribution of LPS, PPO and POD in different parts of coconut [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2013, 40(16): 101-103.
- [30] 韩卫娟, 曹坤, 傅建敏, 等. 柿脱涩过程中褐变及相关酶活性的变化规律[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(10): 92-99.  
HAN Weijuan, CAO Kun, FU Jianmin, et al. Browning and related enzyme activities in de-astringent treatment of persimmon[J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2021, 49(10): 92-99.
- [31] 张有林, 张润光. 石榴贮藏果皮褐变机理的研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(3): 573-581.  
ZHANG Youlin, ZHANG Runguang. Study on the mechanism of browning of pomegranate peel in different storage conditions[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(3): 573-581.
- [32] 陶月良, 林叶, 项小洁, 等. 板栗种子褐变底物及其在不同组织中的含量差异[J]. 河北林果研究, 2002, 17(2): 122-125.  
TAO Yueliang, LIN Ye, XIANG Xiaojie, et al. The browning substrate and its contents in different tissues of chestnut seeds[J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 2002, 17(2): 122-125.
- [33] 寇莉苹, 刘兴华, 丁武, 等. 富士苹果贮藏期间果肉褐变的生化特性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2002, 30(S1): 61-64.  
KOU Liping, LIU Xinghua, DING Wu, et al. Study on biochemical characteristics of flesh browning of Fuji apple during storage[J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2002, 30(S1): 61-64.

责任编辑:张璐

收稿日期:2023-02-09