

农产品贮藏加工

二氧化氯对香梨贮藏后期品质保持效果的研究

刘云飞¹, 纪海鹏², 陈存坤², 董成虎², 关文强¹, 林贺彬³, 刘建福¹

(1.天津商业大学 天津市食品与生物技术重点实验室, 天津 300134; 2.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 天津 300384; 3.天津市鸿通果品种植专业合作社, 天津 301900)

摘要:目的 研究二氧化氯气体处理对库尔勒香梨贮藏后期品质保持效果的影响。方法 以新疆库尔勒香梨为实验材料, 在(0±0.5)°C条件下, 采用质量浓度为0, 130.43, 260.86, 391.29 mg/m³的二氧化氯气体处理库尔勒香梨。结果 实验结果表明, 适宜的二氧化氯气体浓度处理能有效降低香梨的质量损失率, 保持较好的色泽, 有效减缓香梨可溶性固形物、可滴定酸、Vc、叶绿素等含量的消耗, 增强过氧化物酶(Peroxidase, POD)的活性, 抑制多酚氧化酶(Polyphenol oxidase, PPO)的活性。其中质量浓度为130.43 mg/m³的处理效果最佳。结论 采用二氧化氯处理库尔勒香梨, 有利于保持果实的品质, 进而延长了货架期。

关键词: 库尔勒香梨; 二氧化氯; 贮藏后期; 贮藏品质

中图分类号: TS206 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)05-0001-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.05.001

Effect of Chlorine Dioxide Treatment on Quality Maintenance of Korla Pears in Later Storage Period

LIU Yun-fei¹, JI Hai-peng², CHEN Cun-kun², DONG Cheng-hu², GUAN Wen-qiang¹, LIN He-bin³, LIU Jian-fu¹

(1.Tianjin KEY Laboratory of Food and Biotechnology, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China;

2.National Engineering Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products (Tianjin), Tianjin 300384, China; 3.Tianjin Easyway Fruit Planting Professional Cooperatives, Tianjin 301900, China)

ABSTRACT: The work aims to study the influence of chlorine dioxide gas treatment on the quality maintenance effect of Korla Pears in the later storage period. Under the condition of (0±0.5)°C, Xinjiang Korla Pears (experimental material) were treated with chlorine dioxide gas with concentrations of 0, 130.43, 260.86 and 391.29 mg/m³. The experimental results showed that, the treatment with chlorine dioxide gas of suitable concentration could effectively reduce the weight loss rate of the pears, maintain good color and luster, effectively slow down the pears' soluble solids, titratable acid, Vc, and the consumption of chlorophyll content, enhance peroxidase (POD) activity, and inhibit polyphenol oxidase (PPO) activity. The treatment with mass concentration of 130.43 mg/m³ had the best effect. Treating Korla Pears with chlorine dioxide is beneficial to maintaining fruit quality and thus extending shelf life.

KEY WORDS: Korla Pears; chlorine dioxide; later storage period; storage quality

收稿日期: 2019-07-31

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2018YFF0213605, 2016YFD0400903); 天津市林果现代产业技术体系创新团队项目(ITTFPRS2018009, ITTHRS2018003, ITTHRS2018000); 天津市科技计划(17YFYZCG00010); 天津市农业科技成果转化与推广项目(201701100, 201602090); 天津市农业科学院院长基金(17014, 17012, 202009, 17011)

作者简介: 刘云飞(1994—), 男, 天津商业大学硕士生, 主攻农产品保鲜与加工。

通信作者: 刘建福(1976—), 男, 博士, 天津商业大学教授, 主要研究方向为食品科学与工程技术。

库尔勒香梨作为新疆维吾尔自治区特产,具有色泽悦目、香气浓郁、味甜爽滑、皮薄肉细和营养丰富等特点,被誉为“梨中珍品”,深受广大消费者的喜爱^[1-3]。由于库尔勒香梨在贮藏后期,特别是从贮藏库进入货架销售的过程中,如果缺乏有效的后期品质维持技术,则会使腐烂率特别高,所以研究库尔勒香梨在贮藏后期的品质维持新技术是至关重要的。

二氧化氯是一种高效的强氧化剂和消毒剂,具有安全、高效、无毒、无残留、消毒持久和广谱性等特点,并且已经应用到果蔬保鲜上^[4-5]。二氧化氯之所以可以杀灭一般细菌、病毒、真菌、芽孢等,是因为二氧化氯能使蛋白质变性、降解及丧失酶活性^[6]。目前,我国已将二氧化氯的防腐保鲜技术应用于草莓^[7]、番茄^[8]、龙眼^[9]、甜瓜^[10]、哈密瓜^[11]等水果中,得到了很好的效果。

二氧化氯处理在香梨保鲜中的应用在国内外鲜有报道。文中试验的目的在于研究不同浓度二氧化氯处理对库尔勒香梨的保鲜和贮藏后期品质的影响,获得二氧化氯在库尔勒香梨上的最佳使用技术,以期为库尔勒香梨的采后贮藏提供一个更加绿色安全的保鲜方法。

1 实验

1.1 材料

供试材料为已贮藏 150 d 左右的新疆库尔勒香梨,采购于天津红旗农贸市场,于 2019 年 3 月 12 日运至国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)。

采用贮藏 150 d 的香梨是因为流通需要,在贮藏后期,从冷库拿出来的梨子进入市场流通,品质变差特别快。为了维持香梨在流通过程乃至整个货架期中的品质,在后期采用二氧化氯处理,以求寻找更有效的新方法。

1.2 处理方法

挑选成熟度均匀一致、果型完好、无机械损伤、无病虫害和未腐烂的香梨进行分装处理,并置于(0±0.5)°C的冷库内贮藏预冷,预冷时间为 12 h。预冷完成后按照处理方式不同,均匀分为 4 组,每个处理组分选 60 个果实,并做好标记。处理组的二氧化氯气体由不同剂量的固体二氧化氯泡腾片置于气化机制造而成,4 组处理方法如下所述。

1) 对照组 CK。果实不作处理,不通气体,置于气调箱。

2) 处理组 T1。通入质量浓度为 130.43 mg/m³的二氧化氯气体,时长为 1 h,置于气调箱。

3) 处理组 T2。通入质量浓度为 260.86 mg/m³

的二氧化氯气体,时长为 1 h,置于气调箱。

4) 处理组 T3。通入质量浓度为 391.29 mg/m³的二氧化氯气体,时长为 1 h,置于气调箱。

每个处理组分别于贮藏 0, 7, 14, 21, 28, 35 d 时测定相关指标,实验重复 3 次,对所得数据取平均值。

1.3 仪器与设备

主要仪器和设备: A UW220D 电子分析天平,日本岛津公司; UV-1780 紫外可见分光光度计,岛津仪器(苏州)有限公司; HR/T20M 台式高速冷冻离心机,湖南赫西仪器装备有限公司; WR-10 精密色差仪,深圳市威福光电科技有限公司; PLA-1 手持糖度计,日本爱宕公司; FS-I 气化机,山西亚森实业股份有限公司。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 果实质量损失率

果实质量损失率的计算:

$$\text{质量损失率} = (m_0 - m_1) / m_0 \times 100\%$$

式中: m_0 为香梨贮藏前的质量(kg); m_1 为香梨贮藏结束后的质量(kg)。

1.4.2 色差

参照王慧等^[12]的方法进行色差测定。

1.4.3 可溶性固形物(Total Soluble Solid)的测定

采用手持糖度计测定可溶性固形物的含量^[13]。

1.4.4 可滴定酸(Titratable Acid)的测定

可滴定酸含量采用酸碱中和滴定法^[14]进行测量,以质量分数计。

1.4.5 抗坏血酸(Vc)的测定

Vc 含量的测定选用 2,6-二氯酚靛酚滴定法^[15]。

1.4.6 叶绿素的测定

叶绿素含量参照张策^[16]等方法进行测定。

1.4.7 过氧化物酶活性的测定

过氧化物酶(POD)活性参照曹建康等^[17]的方法,采用《果蔬中过氧化物酶活性的测定》中的方法进行测定。

1.4.8 多酚氧化酶活性

多酚氧化酶(PPO)活性参照曹建康等^[17]的方法,采用《果蔬中多酚氧化酶活性的测定》中的方法进行测定。

1.4.9 数据处理

采用 Excel 2010 软件整理数据,用 Origin 8.5 软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同二氧化氯浓度对香梨质量损失率的影响

质量损失率是影响果实品质的重要因素之一^[18]。各组香梨质量损失率的变化趋势见图 1。随着代谢的进行,所有组的质量损失率都随着贮藏时间的延长而逐渐增加。CK 组果实的质量损失得最快,在贮藏末期果实的质量损失率为 0.43%。在贮藏 35 d 时,各处理组果实的质量损失率分别为 0.33%、0.34%、0.34%、0.34%,均显著低于 CK 组 ($P < 0.05$)。说明适当浓度的二氧化氯处理可以延缓香梨的失水,抑制果实的呼吸代谢和蒸腾作用,其中 130.43 mg/m³ 处理效果较好,但各处理组之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

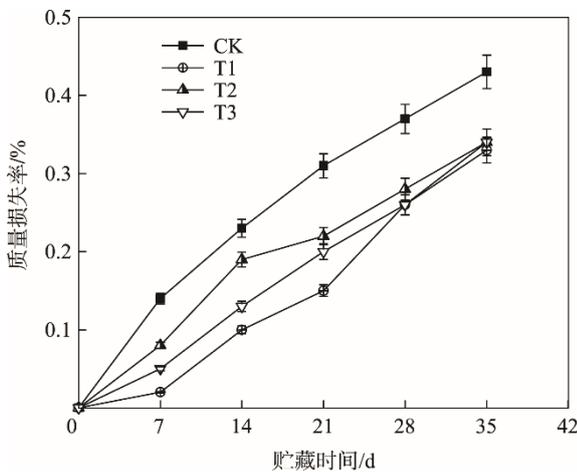


图 1 不同二氧化氯浓度对香梨质量损失率的影响
Fig.1 Effects of different chlorine dioxide concentrations on weight loss rate of pears

2.2 不同二氧化氯浓度对香梨色差的影响

由图 2 可知, L 值表示果实的明亮度^[19],整体呈现先上升后下降的趋势;CK, T1, T2, T3 处理组果实的 L 值最初为 42.6,到贮藏末期分别下降为 42.33, 44.82, 43.86, 42.50。 L 值的下降说明香梨出现了褐变现象。T1 处理组的数据高于其它 3 个组,说明适宜浓度的二氧化氯处理可延缓香梨的褐变进程。

采用精密色差仪测定 a 值, a 值表示香梨果实的红绿度。 a 值有正负之分,正值表示红度,负值表示绿度。从图 2 可以看出,在贮藏 35 d 时,对比各组的 a 值可知: T1 组 < CK 组 < T2 组 < T3 组,其中 CK 组香梨果实的 a 值为 -9.12,而采用 130.43 mg/m³ 的二氧化氯处理后香梨果实的 a 值为 -9.97,与 CK 组相比差异显著 ($P < 0.05$)。采用 260.86, 391.29 mg/m³ 二氧化氯处理组香梨果实的 a 值分别为 -8.60, -8.09,说明随着二氧化氯浓度的增高,反而加快了香梨的转红。

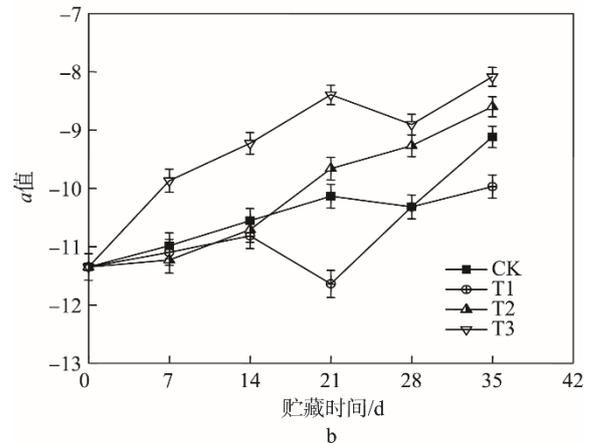
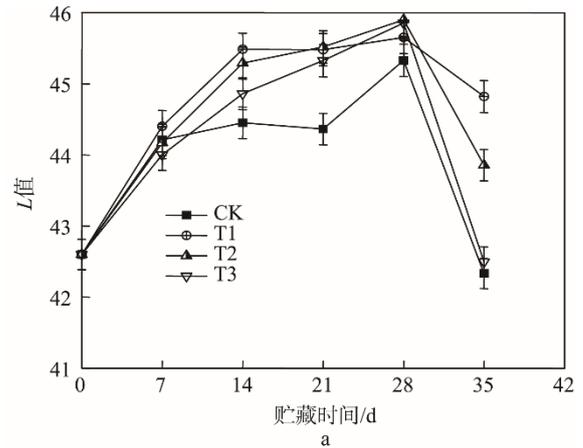


图 2 不同二氧化氯浓度对香梨色差的影响
Fig.2 Effect of different chlorine dioxide concentrations on the color difference of pears

2.3 不同二氧化氯浓度对香梨可溶性固形物 (TSS) 含量的影响

果实品质优良的关键在于可溶性固形物的积累水平^[20]。由图 3 可知,香梨果实的 TSS 含量出现先升高后降低的趋势,可能是在后熟过程中,淀粉等大分子物质分解成可溶性的小分子物质等,且分解速率

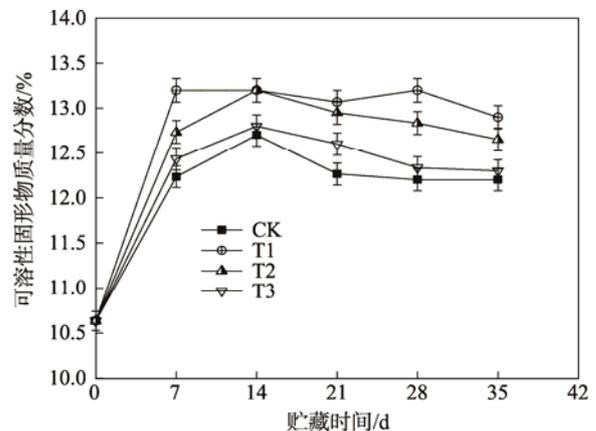


图 3 不同二氧化氯浓度对香梨 TSS 含量的影响
Fig.3 Effects of different chlorine dioxide concentrations on TSS content of pears

时间的延长,香梨的代谢速度大于淀粉等大分子物质大于代谢速率,使得 TSS 含量有所上升。随着贮藏降解速度,导致 TSS 又开始出现下降趋势^[21]。在整个贮藏期, T1, T2, T3 处理组香梨的 TSS 含量均大于对照组 (CK), 表明 T1, T2, T3 的处理都能有效地保持香梨 TSS 的含量。T1 处理组比 T2 和 T3 处理组的保鲜效果略强, 但是 3 个处理组之间的差异并不显著 ($P>0.05$)。

2.4 不同二氧化氯对香梨可滴定酸 (TA) 含量的影响

果蔬的耐贮性与 TA 含量的高低有一定的相关性^[22]。由图 4 可知, 在整个贮藏期间, 4 个处理组香梨的 TA 含量均呈先上升后下降的趋势。这可能是因为在贮藏初期果实未成熟, 随着贮藏时间的延长, 香梨果实内有有机酸含量不断降低^[23]。T1 处理组香梨的 TA 含量始终最大, 说明 T1 处理能抑制香梨 TA 含量的降低。在贮藏 28 d 时, T1 组与 CK 组相比差异性显著 ($P<0.05$)。T1 处理组相较于 T2, T3 处理组, 具有更好的减缓香梨 TA 含量降低的作用。

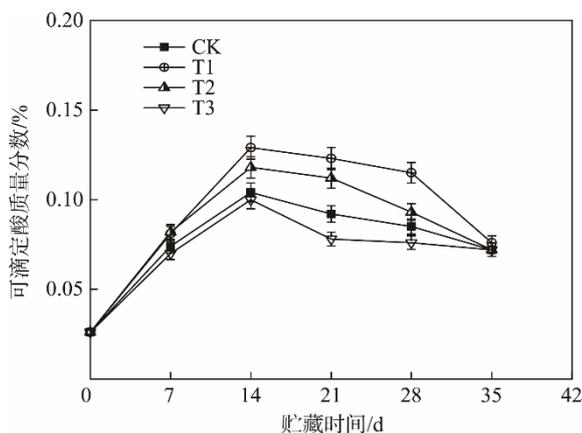


图 4 不同二氧化氯浓度对香梨 TA 含量的影响
Fig.4 Effects of different chlorine dioxide concentrations on TA content of pears

2.5 不同二氧化氯浓度对库尔勒香梨 Vc 含量的影响

抗坏血酸 (Vc) 是人类所需营养中最重要的维生素之一^[24]。从图 5 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 香梨中 Vc 的含量逐渐降低。T1, T2, T3 处理组的 Vc 含量均高于 CK 处理组, 且降低速率相对缓慢。这表明, 在一定的贮藏期内, 适宜浓度的二氧化氯处理可有效抑制库尔勒香梨可滴定酸含量的降低, 延缓果实的衰老, 其中 T1 处理组的效果较好。

2.6 不同二氧化氯浓度对库尔勒香梨叶绿素含量的影响

叶绿素的减少是导致果实黄化的重要原因^[25]。

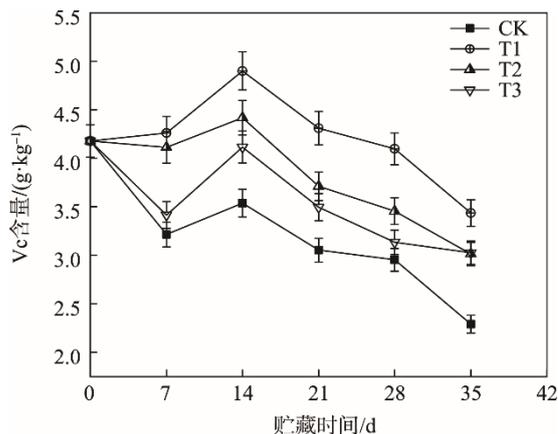


图 5 不同二氧化氯浓度对库尔勒香梨 Vc 含量的影响
Fig.5 Effects of different chlorine dioxide concentrations on Vc content of Korla Pears

香梨果实在贮藏过程中, 其表皮中的叶绿素含量会随时间延长而下降。由图 6 可知, 各处理组果实的叶绿素含量呈下降趋势。CK, T1, T2, T3 处理组果实叶绿素含量初期为 2.514 mg/kg, 末期分别为 0.27, 0.56, 0.40, 0.38 mg/kg; 在贮藏 28 d 时, T1 处理组香梨果实的叶绿素含量为 0.80 mg/kg, 相比 CK 组差异显著 ($P<0.05$)。由此可见, 二氧化氯处理有效延缓了叶绿素含量的下降, 这与甄凤元等^[26]的研究结果一致。

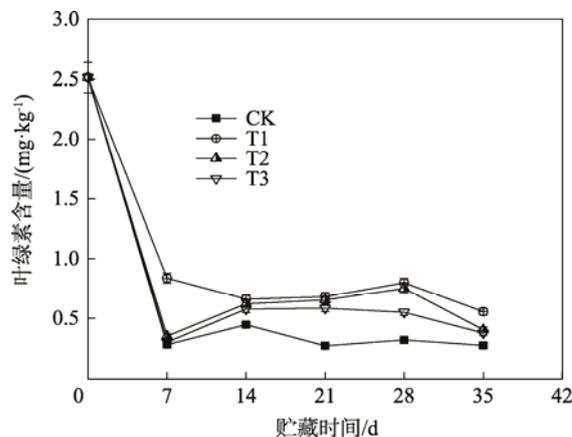


图 6 不同二氧化氯浓度对库尔勒香梨叶绿素含量的影响
Fig.6 Effects of different chlorine dioxide concentrations on chlorophyll content of Korla Pears

2.7 不同二氧化氯浓度对库尔勒香梨 POD 酶活性的影响

由图 7 可以看出, 处理组和 CK 组的 POD 活性均呈先上升后下降的趋势。在整个贮藏期间, CK 组的 POD 活性始终为最低状态。T1 处理组在贮藏 28 d 时达到最高峰值 (于分光光度计 470 nm 波长下测量 OD 值, 每隔 30 s 读数 1 次。以每分钟表示酶活性大小, 即以 $OD_{470}/(\text{min} \cdot \text{mg})$ 表示, 蛋白质含量测定按 Folin 法进行), 为 $0.1305 \text{ } OD_{470}/(\text{min} \cdot \text{mg})$, 且明显高于其

他处理组,与 CK 组相比显著差异 ($P < 0.05$)。在贮藏末期,各处理组的 POD 活性仍高于 CK 组。这表明二氧化氯处理能够使香梨果实的 POD 活性增加,增强果实抗病抗逆的能力,且 T1 处理组的效果较好。

2.8 不同二氧化氯浓度对库尔勒香梨 PPO 酶活性的影响

PPO 酶与果蔬褐变的关系密切,酶活性越高,褐变的速度就越快^[27]。由图 8 可知,PPO 活性总体呈上升趋势。CK, T1, T2, T3 处理组果实的 PPO 活性由最初的 0.08 $\text{OD}_{470}/(\text{min} \cdot \text{mg})$ 最终分别增加为 0.316, 0.2, 0.21, 0.218 $\text{OD}_{470}/(\text{min} \cdot \text{mg})$,且 CK 组的 PPO 活性高于其他处理组 ($P < 0.05$),说明二氧化氯处理能有效抑制库尔勒香梨贮藏期间 PPO 活性的增加。

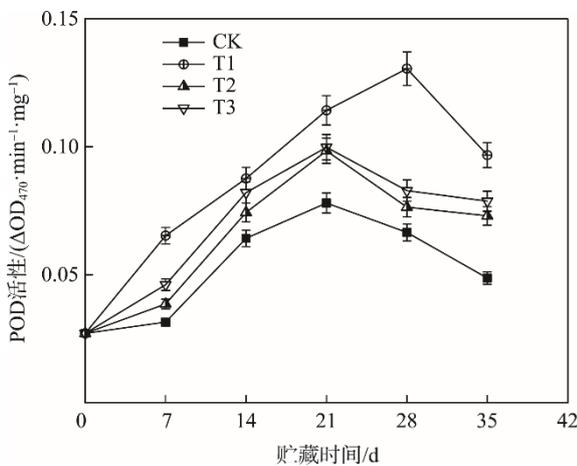


图 7 不同二氧化氯浓度对库尔勒香梨 POD 酶活性的影响
Fig.7 Effects of different chlorine dioxide concentrations on POD enzyme activity of Korla Pears

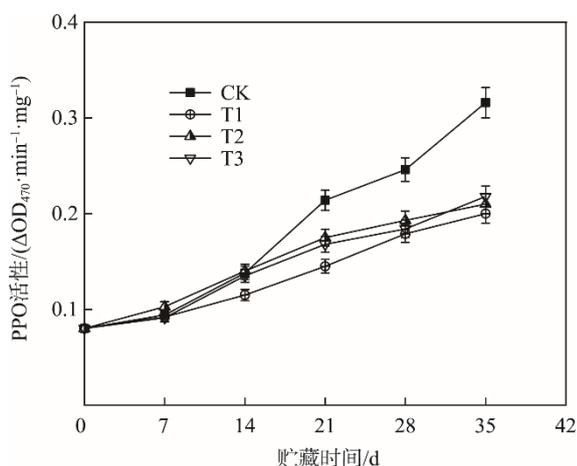


图 8 不同二氧化氯浓度对库尔勒香梨 PPO 酶活性的影响
Fig.8 Effects of different chlorine dioxide concentrations on PPO enzyme activity of Korla Pears

3 讨论

试验结果表明,在 $(0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 贮藏条件下,不同

的二氧化氯浓度对新疆库尔勒香梨有不同的影响。在贮藏期间,二氧化氯处理组相较于对照组而言,库尔勒香梨的外观品质具有更好表现。这可能由于二氧化氯具有强氧化性及杀菌作用,二氧化氯通过 2 个方面的机理达到对果蔬的保鲜作用:通过有效杀死致腐微生物,延缓或抑制果蔬的腐烂^[28];果蔬在后熟过程中,二氧化氯可以阻止蛋白质中蛋氨酸生成乙烯,并且破坏已经生成的乙烯,延缓果蔬的成熟腐败,从而达到长期保鲜作用^[29-30]。香梨果实中 Vc 含量逐渐降低,CK 组果蔬下降得最快,通过适宜浓度的二氧化氯处理可以使 Vc 含量下降速率减缓,减缓果实中 Vc 含量的流失速度。可滴定酸含量达到顶点后开始下降,二氧化氯可以减缓其下降速度。可溶性固形物的含量因为有二氧化氯作用基本保持不变,CK 组果蔬则快速下降。POD 活性增强,这可能是由于二氧化氯的强氧化性和香梨自身衰老等因素刺激了香梨,导致 POD 活性增加^[31]。此外,二氧化氯处理也抑制了 PPO 活性的增加,这与甄凤元等^[26]的研究结果一致。

4 结语

综上所述,随着贮藏时间的延长,二氧化氯处理能有效减少香梨的质量损失率,保持较好的色泽,有效减缓香梨的可滴定酸、可溶性固形物、Vc、叶绿素等含量的损失,增强了 POD 的活性,抑制了 PPO 活性。其中采用质量浓度 $130.43 \text{ mg}/\text{m}^3$ 处理能够较好地维持库尔勒香梨贮藏期间内在和外观的品质。

参考文献:

- [1] 位杰, 蒋媛, 王刚, 等. 库尔勒香梨抗寒性研究进展[J]. 植物生理学报, 2017, 53(6): 949—959.
WEI Jie, JIANG Yuan, WANG Gang, et al. Research Progress of Cold Resistance in Korla Fragrant Pear[J]. Journal of Plant Physiology, 2017, 53(6): 949—959.
- [2] 孙静, 陈全, 杨琴, 等. 库尔勒香梨采后贮运 HACCP 体系[J]. 北方园艺, 2019(3): 126—132.
SUN Jing, CHEN Quan, YANG Qin, et al. HACCP System of Post-harvest Korla Fragrant Pear Storage and Transportation[J]. The North Garden, 2019(3): 126—132.
- [3] 江振斌, 廖康, 庞洪翔, 等. '库尔勒香梨' 3 种树形树干液流变化及其与气象因子的关系[J]. 果树学报, 2016, 33(7): 814—822.
JIANG Zhen-bin, LIAO Kang, PANG Hong-xiang, et al. Sap Flow Changes in 'Kuerle Xiangli' Trees with Three Different Canopy Shapes and Their Relationships with Climatic Factors[J]. Journal of Fruit Trees, 2016, 33(7): 814—822.
- [4] 韩瑜, 李群. 缓释型固体二氧化氯释放速率的研究[J]. 科学技术与工程, 2014, 14(6): 231—233.

- HAN Yu, LI Qun. Study on Releasing Regularity of Slow-releasing Solid Chlorine Dioxide[J]. Science, Technology and Engineering, 2014, 14(6): 231—233.
- [5] 晋日亚, 刘欣欣, 乔怡娜, 等. 二氧化氯消毒研究进展[J]. 中国消毒学杂志, 2018, 35(2): 138—142.
- JIN Ri-ya, LIU Xin-xin, QIAO Yi-na, et al. Research Progress on Chlorine Dioxide Disinfection[J]. Chinese Journal of Disinfectant, 2018, 35(2): 138—142.
- [6] OOI B G, BRANNING S A. Correlation of Conformational Changes and Protein Degradation with Loss of Lysozyme Activity due to Chlorine Dioxide Treatment[J]. Applied Biochemistry & Biotechnology, 2017, 182(2): 1—10.
- [7] TRINETTA V, LINTON R H, MORGAN M T. The Application of High-concentration Short-time Chlorine Dioxide Treatment for Selected Specialty Crops Including Roma Tomatoes (*Lycopersicon Esculentum*), Cantaloupes (*Cucumis Melosp Melo var Cantaloupensis*) and Strawberries (*Fragaria Ananassa*)[J]. Food Microbiology, 2013, 34(2): 296—302.
- [8] GUO Q, WU B, PENG X. Effects of Chlorine Dioxide Treatment on Respiration Rate and Ethylene Synthesis of Postharvest Tomato Fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 93: 9—14.
- [9] GUNTIYA N, BUSSABAN B, FAIYUE B, et al. Application of Gaseous Chlorine Dioxide for Control of Fungal Fruit Rot Disease of Harvested 'Daw' Longan[J]. Scientia Horticulturae, 2016(213): 164—172.
- [10] ZHANG X J, LIU C Y, DONG C H. Effects of Chlorine Dioxide (ClO_2) Treatment on Postharvest Physiology and Storage Quality of Cantaloupe 'Xizhoumi 25' [J]. Food Research & Development, 2017, 38(22): 198—203.
- [11] 魏佳. 一氧化氮和二氧化氯对哈密瓜和葡萄采后病害及农药残留的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2018: 88—92.
- WEI Jia. Effects of Nitric Oxide and Chlorine Dioxide on Postharvest Diseases and Pesticide Residues in Cantaloupe and Grape[D]. Urumchi: Xinjiang University, 2018: 88—92.
- [12] 王慧, 陈燕华, 林河通, 等. 不同浓度 1-MCP 处理对采后安溪油柿果实的保鲜效应[J]. 热带作物学报, 2018, 39(10): 2060—2066.
- WANG Hui, CHEN Yan-hua, LIN He-tong. Effects of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatments at Different Concentrations on Keeping Quality of Harvested Anxi Persimmon Fruit[J]. Tropical Crop Journal, 2018, 39(10): 2060—2066.
- [13] 俞雅琼, 董明, 王旭东, 等. 机械损伤对砀山酥梨采后生理生化变化的影响[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(3): 10—15.
- YU Ya-qiong, DONG Ming, WANG Xu-dong, et al. Effects of Mechanical Damage on Postharvest Physiology and Biochemistry of Dangshan Pear[J]. Preservation and Processing, 2011, 11(3): 10—15.
- [14] 许蕙金兰, 吴培文, 陈仁驰, 等. 贮藏温度对巨峰葡萄采后生理和贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(21): 192—197.
- XU Hui-jin-lan, WU Pei-wen, CHEN Ren-chi, et al. The Influence of Storage Temperature on Post-harvest Physiology and Storage Quality of Kyoho Grape[J]. Food Research and Development, 2018, 39(21): 192—197.
- [15] 程曦, 王英, 许禄鼎, 等. 模拟运输振动胁迫对赛买提杏果品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(14): 340—344.
- CHENG Xi, WANG Ying, XU Lu-ding, et al. Effect of Simulating Transportation Vibration Stress on the Quality of 'Saimaiti' Apricot Fruits[J]. Food Industry Technology, 2015, 36(14): 340—344.
- [16] 张策, 谢远红, 朱本忠. LeETR4 沉默对番茄果实成熟的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(11): 25—28.
- ZHANG Ce, XIE Yuan-hong, ZHU Ben-zhong. The Relationship Between the VIGS of LeETR4 and Tomato Ripening[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(11): 25—28.
- [17] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化试验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013: 60—62.
- CAO Jian-kang, JIANG Wei-bo, ZHAO Yu-mei. Physiological and Biochemical Test Guidance for Fruits and Vegetables After Harvest[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013: 60—62.
- [18] 云雪艳, 李晓芳, 刘孟禹, 等. 聚乳酸薄共聚膜对樱桃番茄自发气调保鲜的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(20): 100—105.
- YUN Xue-yan, LI Xiao-fang, LIU Meng-yu, et al. Effect of Poly(lactic acid) Copolymer Film on Quality of Cherry Tomato during Modified Atmosphere Storage[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(20): 100—105.
- [19] CHU W, GAO H, CHEN H, et al. Effects of Cuticular Wax on the Postharvest Quality of Blueberry Fruit[J]. Food Chemistry, 2017, 239: 68—74.
- [20] 罗文靖, 耿金川, 陈存坤, 等. 臭氧处理对库尔勒香梨采后生理及贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(23): 182—187.
- LUO Wen-jing, GENG Jin-chuan, CHEN Cun-kun, et al. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Physiology and Storage Quality of Korla Fragrant Pear[J]. Food Research and Development, 2017, 38(23): 182—187.
- [21] 张鲁斌, 贾志伟, 谷会. 适宜 1-MCP 处理保持采后菠萝常温贮藏品质[J]. 农业工程学报, 2016, 32(4): 290—295.
- ZHANG Lu-bin, JIA Zhi-wei, GU Hui. Suitable 1-MCP Treatment Maintaining Postharvest Quality during Storage at Room Temperature[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(4): 290—295.

- [22] 黄国霞, 钟运技, 陈铁英, 等. 蔬菜保鲜过程中营养成分的变化[J]. 现代食品科技, 2012, 28(7): 792—795.
HUANG Guo-xia, ZHONG Yun-ji, CHEN Tie-ying, et al. Changes in Nutrients of Two Vegetables with Fresh-keeping Treatment[J]. Modern Food Technology, 2012, 28(7): 792—795.
- [23] 张慧杰, 纪海鹏, 张晓军, 等. 不同气体配比对哈密瓜采后贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(15): 1—7.
ZHANG Hui-jie, JI Hai-peng, ZHANG Xiao-jun, et al. Effects of Different Gas Proportion on Postharvest Storage Quality of Cantaloupe[J]. Food Research and Development, 2019, 40(15): 1—7.
- [24] 郑永华, 苏新国, 毛杭云. 纯氧处理草莓的保鲜效果初探[J]. 南京农业大学学报, 2001(3): 85—88.
ZHENG Yong-hua, SU Xin-guo, MAO Hang-yun. A Preliminary Study on the Effects of Pure Oxygen on Strawberry Fruit Storage[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2001(3): 85—88.
- [25] 班兆军, 张晶琳, 袁秋萍, 等. 不同包装膜对生菜贮藏期品质的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(5): 31—36.
BAN Zhao-jun, ZHANG Jing-lin, YUAN Qiu-ping, et al. Effects of Different Packing Films on the Quality of Lettuce during Storage[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(5): 31—36.
- [26] 甄凤元, 乔勇进, 高春霞, 等. 二氧化氯气体处理对杭白菜贮藏品质的影响[J]. 核农学报, 2017, 31(7): 1323—1329.
ZHENG Feng-yuan, QIAO Yong-jin, GAO Chun-xia, et al. Effect of Chlorine Dioxide Gas on Preservation of Hangzhou Cabbage[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(7): 1323—1329.
- [27] 王丽琼, 林少华, 陈存坤, 等. 3 种不同的保鲜方法对香椿贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(13): 150—155.
WANG Li-qiong, LIN Shao-hua, CHEN Cun-kun, et al. Effects of Three Different Preservation Methods on Storage Quality of Toona Sinensis[J]. Food Research and Development, 2019, 40(13): 150—155.
- [28] PARISH M E, BEUCHAT L R, SUSLOW T V, et al. Methods to Reduce/Eliminate Pathogens from Fresh and Fresh-cut Produce[J]. Compr Rev Food Sci F, 2003, 2(Supplement S1) : 161—173.
- [29] YOUNG S B, SETLOW P. Mechanisms of Killing of Bacillus Subtilis, spores by Hypochlorite and Chlorine Dioxide[J]. J Appl Microbiol, 2003, 95(1): 54—67.
- [30] SY K V, MCWATTERS K H, BEUCHAT L R. Efficacy of Gaseous Chlorine Dioxide as a Sanitizer for Killing Salmonella, Yeasts, and Molds on Blueberries, Strawberries, and Raspberries[J]. J Food Protect, 2005, 68(6): 1165 .
- [31] 张晓军, 刘长悦, 董成虎, 等. 二氧化氯对西周密 25 号哈密瓜采后生理及贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(22): 198—203.
ZHANG Xiao-jun, LIU Chang-yue, DONG Cheng-hu, et al. Effects of Chlorine Dioxide (ClO₂) Treatment on Postharvest Physiology and Storage Quality of Cantaloupe 'Xizhoumi 25'[J]. Food Research and Development, 2017, 38(22): 198—203.