

王 晓,陈冰洁,刘晨霞,等. ClO<sub>2</sub> 缓释熏蒸处理对小白菜保鲜效果的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(6):160-163.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.06.028

# ClO<sub>2</sub> 缓释熏蒸处理对小白菜保鲜效果的影响

王 晓<sup>1,2</sup>, 陈冰洁<sup>1,2</sup>, 刘晨霞<sup>1,2</sup>, 乔勇进<sup>1,2</sup>

(1. 上海市农业科学院农产品保鲜加工研究中心, 上海 201403; 2. 上海农产品保鲜加工工程技术研究中心, 上海 201403)

**摘要:**为研究 ClO<sub>2</sub> 缓释熏蒸处理对小白菜保鲜效果的影响。在温度为 2 ℃ 时,采用不同数量的 ClO<sub>2</sub> 缓释棒熏蒸小白菜,每 6 d 测定不同处理条件下小白菜的感官品质和营养指标。结果表明,贮藏开始时即加入 2 个 ClO<sub>2</sub> 缓释棒处理的小白菜,在温度 2 ℃ 贮藏时感官品质较好,可溶性固形物、叶绿素含量较高,色泽变化较慢,具有较好的水分和丙二醛含量,保鲜效果最佳,贮藏期可达 18 d。本研究对小白菜的贮藏保鲜具有一定的指导作用。

**关键词:**小白菜;低温;ClO<sub>2</sub>;贮藏品质

**中图分类号:** S634.309+.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)06-0160-04

小白菜 (*Brassica rapa* var. *chinensis*) 别称不结球白菜、青菜、油菜,在我国具有悠久的栽培历史,且南北各地均有分布,适应性强,生长期短,周年可供应<sup>[1]</sup>。小白菜叶片翠绿鲜嫩,营养含量高,富含具有抗癌活性的硫代葡萄糖苷,深受消费者喜爱,消费量也在逐年增长<sup>[2]</sup>。但由于缺乏对小白菜耐贮品种的筛选以及相关保鲜技术的研究,贮藏和运输过程中损失巨大,市场会出现供应短缺的现象,在炎热的夏季,绿叶菜采后保鲜问题尤为突出<sup>[3]</sup>。因此提高小白菜的贮藏品质,最大程度减少采后损耗是保鲜行业急需解决的问题<sup>[4]</sup>。

ClO<sub>2</sub> 是一种国际公认的杀菌消毒剂和食品保鲜剂,可用于果蔬高效杀菌保鲜,降低果蔬腐烂率,抑制呼吸作用,延缓营养物质的消耗<sup>[5]</sup>。已有研究表明,ClO<sub>2</sub> 对哈密瓜、杭白菜、青椒、葡萄等的保鲜贮藏有明显的效果<sup>[5]</sup>。对 ClO<sub>2</sub> 保鲜机理的研究表明,ClO<sub>2</sub> 可破坏绿叶菜表面微生物的膜结构,进而发挥消毒杀菌的效果;同时,它还可以氧化果蔬中

的蛋氨酸,阻止其合成乙烯,也可以氧化已经生成的乙烯,从而降低绿叶菜采后呼吸作用,调节采后生理,而发挥其保鲜作用<sup>[6]</sup>。目前,小白菜保鲜采用的方法主要有生物保鲜剂、精油、气体处理、气调、臭氧处理等<sup>[7-10]</sup>。ClO<sub>2</sub> 气体熏蒸保鲜小白菜的研究还未见报道。本研究在低温的条件下,使用不同方式加入 ClO<sub>2</sub> 缓释棒,对小白菜进行保鲜处理,探索不同方式 ClO<sub>2</sub> 缓释熏蒸对小白菜感官以及营养品质的影响,进而为小白菜贮藏保鲜提供理论依据与技术支持。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

小白菜于 2019 年 11 月 14 日采自上海星辉蔬菜有限公司,采后立马运回上海市农业科学院农产品保鲜加工中心,在冷库(7 ℃)中预冷 12 h 后,挑选长度和质量均一、无机械损伤的小白菜作为贮藏原料。

95% 乙醇、植物丙二醛试剂盒,南京建成生物工程研究所。

立可净 ClO<sub>2</sub> 消毒棒由团队自主研发,释放速率为 0.12 mg/h,每只可释放约 50 mg ClO<sub>2</sub> 气体。

### 1.2 仪器与设备

V20S 水分测定仪,瑞士梅特勒托利多有限公司;N-1α 型手持折光仪,日本 ATAGO 公司;μQuant 酶标仪,BIO-TEK 公司;JX-FSTPR-1 全自动样品冷冻研磨仪,上海净信实业发展有限公司;D37520 Osterode 型高速冷冻离心机,德国

收稿日期:2020-04-22

基金项目:上海市科学技术委员会成果转化项目(编号:17391903100);上海农产品保鲜加工工程技术研究中心(编号:19DZ2251600);上海市农产品保鲜加工专业技术服务平台项目(编号:18DZ2291300)。

作者简介:王 晓(1988—),女,湖北荆州人,博士,助理研究员,主要从事农产品保鲜与精深加工技术研究。E-mail:wangxiaoxiao.0127@163.com。

通信作者:乔勇进,博士,研究员,主要从事农产品保鲜的研究。E-mail:yjqiao2002@126.com。

Biofuge 公司;BP301S 型电子天平,德国赛多利斯公司;SX-500 臭氧发生器,奥奈特环保电子(上海)有限公司;DHG-9240A 型电热恒温鼓风干燥箱,上海一恒科技有限公司;CM-5 分光测色计,日本柯尼卡美能达集团。

### 1.3 方法

1.3.1 贮藏条件 将经预冷、挑选后的小白菜按随机分为 4 组,10 kg/组,每组设 3 个重复。随后加入不同数量的  $\text{ClO}_2$  缓释棒,具体操作见表 1。采用 2 m×2 m 的 0.03 mm 聚乙烯保鲜膜对容积为 50 L 的蔬菜框进行整体包装。包装后置于 2 °C 冷库中低温贮藏。

1.3.2 测定方法 色度值( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ )采用美能达 CM-5 分光测色计测定,可溶性固形物含量采用手持式阿贝折光仪测定,叶绿素含量参照曹建康等

表 1 小白菜的不同处理方式

处理	不同时间加入缓释棒数量(个)				
	0 d	6 d	12 d	18 d	24 d
对照组	0	0	0	0	0
处理组 1	1	0	0	0	0
处理组 2	2	0	0	0	0
处理组 3	1	0	1	0	0
处理组 4	1	1	1	1	0

的方法进行测定<sup>[9]</sup>,含水量采用 V20S 红外水分测定仪测定,丙二醛的测定采用南京建成植物丙二醛测试盒。

1.3.3 感官评价 以色泽、形态、气味、质地等品质作为感官评价的指标。按照表 2 的标准对小白菜的感官品质进行综合评分,多次评分之后取平均值<sup>[8,11-12]</sup>。

表 2 小白菜的感官评分标准

分值	色泽	形态	气味	质地
9~10	色泽鲜绿,明亮有光泽	叶片平整,形态饱满,水分充足	有新鲜青菜味	叶片硬挺,脆嫩,饱满
7~8	绿色,色泽变暗	叶片边缘卷起	青菜味减弱,无异味	有少量水分损失,不饱满,不脆嫩
5~6	绿色,小部分外层叶片泛黄	叶片卷曲增多,茎部萎蔫收缩	青菜味丧失	叶片软化,失水增多
3~4	至少一片叶子黄化	开始腐烂	稍有腐烂气味	萎蔫小于 1/3,有异味
0~2	黄花率超过 1/3,无光泽	叶片腐烂加剧	腐烂味加重	叶片软烂,异味,无法食用

### 1.4 数据统计

采用 SPSS 17.0 统计分析软件进行数据分析,每个数据均为 3 次测定的平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同方式 $\text{ClO}_2$ 缓释处理对小白菜感官品质的影响

如表 3 所示,低温贮藏期间,随着贮藏时间的延长,各处理组小白菜的感官品质逐渐下降。与对照组相比,处理组 2 和处理组 3 的感官品质较优,评分均高于对照组,其中处理 2 感官品质最优。处理组 4 在贮藏初期与对照组评分相当,而该处理组到贮藏 12 d 时,保鲜效果欠佳,叶片部分腐烂,明显黄化,已经失去了食用价值。因此,按照处理组 2 的方式加入  $\text{ClO}_2$  缓释棒,有助于保持小白菜的感官品质,延长保鲜期。

### 2.2 不同方式 $\text{ClO}_2$ 缓释处理对小白菜可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物含量是评价果蔬采后风味变化的重要指标。由图 1 可见,在 2 °C 贮藏条件下,除了

表 3 不同处理条件下小白菜的感官评分

处理	不同贮藏时间感官评分				
	0 d	6 d	12 d	18 d	24 d
对照	10	7.0	6.0	4.0	1.0
处理组 1	10	7.5	6.0	4.5	1.0
处理组 2	10	8.5	7.0	5.5	3.0
处理组 3	10	8.0	6.5	5.0	2.0
处理组 4	10	7.5	5.5	4.0	1.0

处理组 1,其他处理组可溶性固形物含量均表现为先升后降的趋势。这可能是在贮藏初期小白菜体内大分子物质逐渐分解成可溶性物质引起的<sup>[13]</sup>。果蔬采后仍是一个生命体,可溶性固形物会被作为呼吸作用的底物,不断被消耗<sup>[14]</sup>。所以在贮藏后期,可溶性固形物含量逐渐降低。贮藏后期,处理组 1~3 的可溶性固形物含量均高于对照组,说明适宜浓度的  $\text{ClO}_2$  处理能延缓可溶性固形物含量的下降。其中处理组 2 的可溶性固形物含量下降最为缓慢,原因可能是在该处理能充分还原小白菜呼吸作用产生的乙烯,从而减弱小白菜的呼吸作用,延缓可溶性物质的消耗。而  $\text{ClO}_2$  浓度较低时不足以还

原大部分乙烯,浓度过高时可能对小白菜本身产生伤害。

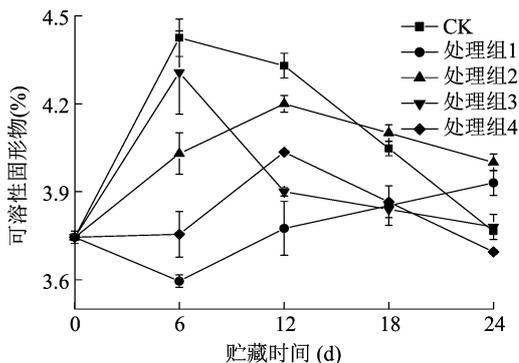


图1 不同处理对小白菜可溶性固形物含量的影响

### 2.3 不同方式 $\text{ClO}_2$ 缓释处理对小白菜色度的影响

绿叶菜的色泽和黄化程度在感官上决定了其级别,所以色泽是绿叶菜贮藏保鲜的重要指标<sup>[15]</sup>。由图2可知,总体来说对照组的色度值在贮藏期间会变大,即叶片白度增加、绿色消退、黄化<sup>[16-17]</sup>。在贮藏后期(12~24 d),对照组色度值高于  $\text{ClO}_2$  处理组,说明  $\text{ClO}_2$  处理可以使小白菜在贮藏后期色泽变化减慢,利于贮藏保鲜。处理组4小白菜白度值在12~24 d时高于其他组,这可能是由于  $\text{ClO}_2$  的强氧化性造成的<sup>[4]</sup>。同时因为  $\text{ClO}_2$  处理降低了小白菜的呼吸作用强度,处理组1、2、3具有较低的  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值,色泽较好。

### 2.4 不同方式 $\text{ClO}_2$ 缓释处理对小白菜水分含量的影响

绿叶菜在贮藏过程中,呼吸代谢和蒸腾作用会造成水分的流失。由图3可知,在贮藏过程中,水分含量虽有一定波动,但整体比较稳定,这可能是由于低温贮藏及聚乙烯保鲜膜包装相结合,具有很好的缓解水分流失的作用<sup>[13]</sup>。低温条件下呼吸作用会受到抑制,水分的损耗降低,同时保鲜膜包装也会减少水分的蒸腾。在贮藏期间,  $\text{ClO}_2$  处理组的含水量均高于对照组,这可能是因为  $\text{ClO}_2$  处理能降低绿叶菜呼吸强度,从而减少了水分消耗<sup>[14,18]</sup>,其中处理组2具有最高的水分含量。

### 2.5 不同方式 $\text{ClO}_2$ 缓释处理对小白菜丙二醛含量的影响

丙二醛表征了细胞膜氧化的程度,是评价细胞膜损坏程度的重要指标<sup>[18]</sup>。由图4可知,丙二醛含量在贮藏6~12 d时出现了高峰,之后随着贮藏时间的延长逐渐减少。小白菜采摘后仍旧是一个生命体,在贮藏初期呼吸作用产生了大量的丙二醛,

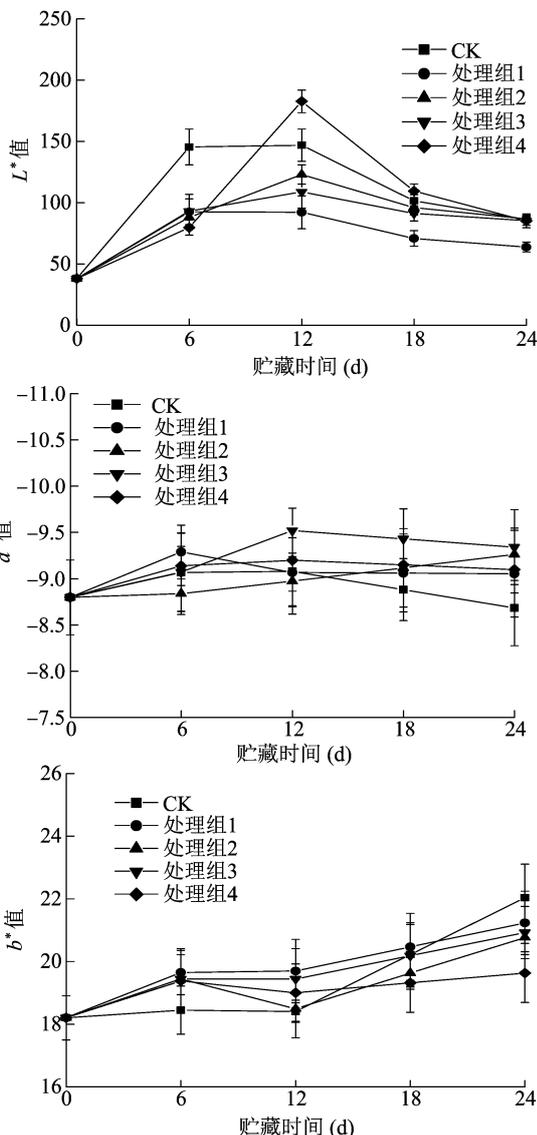


图2 不同处理对小白菜色度值( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ )的影响

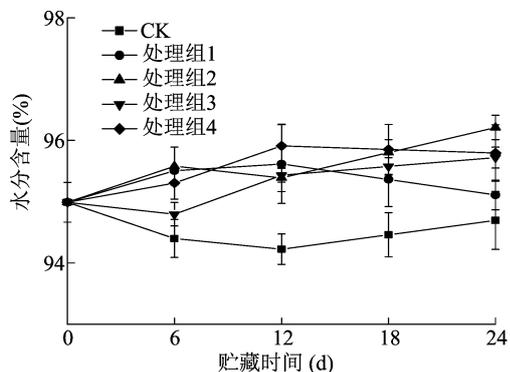


图3 不同处理对小白菜水分含量的影响

但在贮藏后期呼吸作用逐渐减弱,同时丙二醛的大量积累激活了抗氧化系统,从而丙二醛含量逐渐降低。在贮藏过程中对照组和处理组4的丙二醛含量相对较高,其他处理组较低。说明适宜浓度的  $\text{ClO}_2$

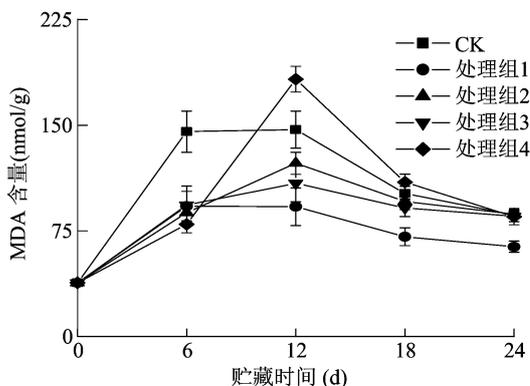


图4 不同处理对小白菜丙二醛含量的影响

处理可以抑制丙二醛的生成,但处理浓度较高时也会促进细胞膜过氧化反应的发生。

### 3 结论与讨论

小白菜富含有机物、矿物质和维生素,包括具有抗癌功效的硫代葡萄糖苷、钙和维生素C等,深受大众的喜爱<sup>[7]</sup>。由于小白菜采后呼吸作用旺盛,在贮藏运输过程中,品质劣变较快,严重影响了小白菜的价格,造成了大量经济损失<sup>[4]</sup>。ClO<sub>2</sub>是世界粮农组织和世界卫生组织推荐的A1级高效、广谱消毒剂,在果蔬保鲜中已广泛应用<sup>[19-20]</sup>。有报道表明,ClO<sub>2</sub>能杀灭果蔬表面的微生物,例如草莓、蓝莓和叶用莴苣等,也能减弱葡萄、哈密瓜和青椒等的呼吸作用,延缓营养物质的消耗,降低腐烂率,延长果蔬货架期<sup>[5]</sup>。但ClO<sub>2</sub>气体还原性强、不稳定、也不易贮藏,目前多采用液体制剂制备的方法获得,该方法操作复杂、释放周期短且运输不便<sup>[21]</sup>。实验室自制的ClO<sub>2</sub>缓释棒解决了以上问题,具有方便携带,长效释放的效果。在ClO<sub>2</sub>缓释棒对小白菜进行保鲜处理的过程中发现,ClO<sub>2</sub>处理可以较好地维持小白菜的感官品质、可溶性固形物含量、色泽和水分,同时也可以降低丙二醛含量,其中处理组2效果最佳。ClO<sub>2</sub>处理具有较好的护绿效果,可延缓小白菜的衰老,延长贮藏期,本研究对小白菜的贮藏研究具有一定的指导作用。

#### 参考文献:

[1]王治舟. 小白菜硫代葡萄糖苷含量及芳香族硫苷合成相关基因

CYP79A2的克隆[D]. 杭州:浙江大学,2010.

- [2] Mithen R F, Dekker M, Verkerk R. The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods[J]. Journal of the science of food and agriculture, 2000, 80: 967-984.
- [3]吴德慧,江洪,杨爽,等. 真空预冷和贮藏温度对有机杭白菜品质的影响[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(4): 120-123.
- [4]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.
- [5]耿鹏飞,高贵田,薛敏,等. 气体二氧化氯在果蔬杀菌保鲜方面的研究与应用[J]. 食品工业科技, 2014, 35(6): 387-391.
- [6]李江阔,张鹏,侯彪,等. 二氧化氯在蔬菜保鲜中的应用研究进展[J]. 保鲜与加工, 2011, 11(3): 36-39.
- [7]高升. 1-MCP处理对小白菜采后生理特性及品质的影响研究[D]. 杭州:浙江农林大学, 2013: 35-37.
- [8]赵昕,吴子龙,王鑫昕,等. 橘皮精油对小白菜保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(11): 45-49.
- [9]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.
- [10]吴继国,栾天罡,陈玉成,等. 低质量浓度臭氧水对小白菜营养成分的影响[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2008, 47(6): 48-51.
- [11]Agüero M V, Ponce A G, Moreira M R, et al. Lettuce quality loss under conditions that favor the wilting phenomenon[J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 59(2): 124-131.
- [12]郑丽静,韦强,叶孟亮,等. 不同贮藏温度与包装方式对油麦菜保鲜效果的影响[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(14): 192-196.
- [13]王晓,乔勇进,甄凤元,等. 聚乙烯袋包装结合乙烯吸收剂对德国小香葱低温保鲜效果[J]. 上海农业学报, 2018, 34(3): 123-127.
- [14]张彪,张文涛,李喜宏,等. 气体二氧化氯对樱桃番茄贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 173-176.
- [15]任珂. 青花菜采后品质的无损检测与控制研究[D]. 南京:南京农业大学, 2006.
- [16]杨冲,谢晶. 贮藏温度对空心菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(2): 138-142, 190.
- [17]古荣鑫,胡花丽,曹宏,等. 不同薄膜包装对冷藏空心菜采后品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(3): 237-243.
- [18]范林林,王清,高丽朴,等. 二氧化氯对豇豆采后生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2015(24): 122-126.
- [19]徐呈祥,郑福庆,马艳萍,等. 二氧化氯处理对贡柑采后贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(3): 201-206.
- [20]雷超,吴明松,魏雪宁,等. 二氧化氯对巨峰葡萄的保鲜效果及品质影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(1): 184-188.
- [21]刘博,吴明松,王昌盛,等. 二氧化氯固体缓释剂开发研究进展[J]. 中国消毒学杂志, 2019, 36(12): 949-952.