

# UV-C 结合 ClO<sub>2</sub> 处理对鲜切毛竹笋的保鲜作用

黄程前<sup>1</sup>, 姚熔燕<sup>1</sup>, 杨虎清<sup>1</sup>, 陈惠云<sup>2\*</sup>

(1. 浙江农林大学农业与食品科学学院, 浙江临安 311300; 2. 宁波市农业科学研究院, 浙江宁波 315040)

**摘要** [目的]研究 UV-C 结合 ClO<sub>2</sub> 处理对鲜切毛竹笋贮藏品质的影响。[方法]以鲜切毛竹笋为试材, 用 6 kJ/m<sup>2</sup> 的 UV-C 和 100 mg/L 的 ClO<sub>2</sub> 单独或结合处理, 以未加处理的为对照, 然后在 0 °C 下贮藏 6 d, 对毛竹笋贮藏期间的相关指标进行测定。[结果]UV-C 结合 ClO<sub>2</sub> 处理能够有效抑制鲜切毛竹笋 PAL、PPO 和 POD 活性, 减少组织中木质素的合成和丙二醛的积累, 延缓组织老化; 同时, 还能减少水分损失, 保持较好的感官品质。[结论]UV-C 结合 ClO<sub>2</sub> 处理能有效地保持鲜切毛竹笋品质。

**关键词** 毛竹笋; UV-C; ClO<sub>2</sub>; 感官品质; 鲜切

**中图分类号** S644.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)28-11506-03

## Fresh-keeping Effect of UV-C combined with ClO<sub>2</sub> on Fresh-cut Bamboo shoots

HUANG Cheng-qian et al (School of Agricultural and Food Science, Zhejiang A & F University, Lin'an, Zhejiang 311300)

**Abstract** [Objective] The fresh-keeping effect of UV-C combined with ClO<sub>2</sub> on Fresh-cut bamboo shoots were investigated. [Method] The fresh-cut bamboo shoots were irrigated by 6 kJ/m<sup>2</sup> UV-C alone or combined with 100 mg/L ClO<sub>2</sub> soak and stored at 0 °C for 6 days. The shoots without any reagent was used as control. [Result] It was founded that UV-C combined with ClO<sub>2</sub> was most effective in preventing an increase of activities of PAL (A), PPO (B) and POD and decreased the content of lignin and MDA. Furthermore, UV-C combined with ClO<sub>2</sub> treatment also decreased the weight loss and maintained higher sensorial quality. [Conclusion] UV-C combined with ClO<sub>2</sub> may maintain the quality of fresh-cut bamboo shoots.

**Key words** Bamboo shoots; UV-C; ClO<sub>2</sub>; Sensorial quality; Fresh-cut

竹笋是我国的特色蔬菜, 其味道鲜美, 质地脆嫩, 富含多种氨基酸和矿物质, 有“素食第一品”之美称。长期以来, 竹笋多以带壳和清水罐装的形式在各地蔬菜市场销售。随着生活节奏的不断加快, 以及消费水平的日益提高, 去壳清洗的鲜切竹笋日益受到消费者的青睐。鲜切竹笋清洁卫生、新鲜方便, 但在加工贮藏过程中极易木质化和褐变, 影响食用性。短波紫外线(280~180 nm, 简称 UV-C)是近期发展起来的新型果品保鲜方法, 能量较高, 具有多种生理作用。UV-C 辐照处理可以直接杀灭果蔬表面微生物<sup>[1]</sup>, 并诱导果蔬产生抗病性, 低剂量紫外线辐照可延缓番茄<sup>[2]</sup>和桃<sup>[3]</sup>的成熟衰老。ClO<sub>2</sub> 是目前国际上公认的最新一代的高效、广谱、安全的杀菌保鲜剂。我国 GB2760-2011 将稳定性 ClO<sub>2</sub> 列为食品添加剂。ClO<sub>2</sub> 具有阻止乙烯生成, 并破坏已形成乙烯的作用, 可延缓果实的衰老<sup>[4]</sup>。ClO<sub>2</sub> 在葡萄<sup>[5]</sup>、哈密瓜<sup>[6]</sup>、杏<sup>[7]</sup>等果蔬的保鲜中得到了很好的利用。笔者以鲜切毛竹笋作为研究对象, 研究 UV-C 与 ClO<sub>2</sub> 联合处理对鲜切毛竹笋品质和生理的影响, 开发 UV-C 与 ClO<sub>2</sub> 联合处理在鲜切毛竹笋加工中的应用技术, 以供指导生产。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 供试毛竹笋(*Phyllostachys pubescens* Mazel)采自浙江临安。采收当天选择大小适中、无机械损伤, 长度约 20~25 cm 的毛竹笋, 用水清洗干净, 去壳, 将不可食用的基部去除。

**1.2 试验处理** 将供试材料切成均匀的条状, 随机分成 4 组。第 1 组为 CK, 将鲜切毛竹笋用清水浸泡 15 min, 捞起沥干(对照); 第 2 组: 用 6 kJ/m<sup>2</sup> 的 UV-C 对鲜切毛竹笋进行处理; 第 3 组: 将鲜切毛竹笋在浓度为 100 mg/L 的 ClO<sub>2</sub> 保鲜剂中浸泡 15 min, 捞起沥干; 第 4 组: 将鲜切毛竹笋用浓度 100 mg/L 的 ClO<sub>2</sub> 保鲜剂处理后, 再用 6 kJ/m<sup>2</sup> 的 UV-C 对其处理。各处理完毕后晾干水分, PE 保鲜膜包装, 0 °C 贮藏。

## 1.3 测定项目及方法

**1.3.1 失重率测定。**采用称重法, 计算公式如下:

$$\text{失重率} = (\text{贮藏前重量} - \text{贮藏后重量}) / \text{贮藏前重量} \times 100\%$$

**1.3.2 感官评定。**参考周运华等的方法<sup>[8]</sup>, 略作修改。采用 5 分值法, 请 8 名食品专业的同学组成感官评定小组, 对毛竹笋的气味和色泽进行评分, 评定标准见表 1。按表中的

表 1 鲜切竹笋感官评分标准

评价指标	评价标准	得分
色泽	笋体颜色洁白	5
	笋体颜色微白	4
	颜色偏褐	3
	颜色褐色	2
	颜色黑褐, 有肉眼可见的菌斑	1
气味	具有笋体特有的清香味	5
	具有轻微的笋香味	4
	无明显味道	3
	具有轻微的异味	2
口感	具有浓烈的臭味及酸味	1
	有笋的正常味道, 无酸味	5
	无明显酸味, 口感可接受	4
	有轻微酸味	3
	有明显酸味	2
	酸味强烈, 令人难以接受	1

**基金项目** 宁波市农业重大(重点)择优委托科技攻关项目(2012-C10018); 宁波市自然科学基金项目(2012A610134)。

**作者简介** 黄程前(1990-), 男, 浙江温州人, 硕士研究生, 研究方向: 农产品贮藏与加工, E-mail: 53366372@qq.com。\* 通讯作者, 农艺师, 从事农产品贮藏与加工研究, E-mail: chhyun@163.com。

**收稿日期** 2013-08-26

标准给每个处理样品的色泽、气味和口感分别进行感官评定,然后将 8 个同学对各个指标的评分加权平均作为该处理样品在该项指标上的得分。色泽、气味和口感在最终感官得分中的权重分别确定为 0.4、0.3 和 0.3。

**1.3.3 苯丙氨酸解氨酶(PAL)、多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)活性测定。**参考《果蔬采后生理生化实验指导》<sup>[9]</sup>进行测定。PAL 以每小时 1 g 毛竹笋酶促反应体系吸光度值增加 0.01 为 1 个 PAL 活性单位(U),PPO 和 POD 以 1 g 毛竹笋 1 min 酶促反应体系吸光度值增加 1 为 1 个 PPO 和 POD 活性单位(U)。

**1.3.4 木质素含量测定。**参照 Morrison 的方法测定<sup>[10]</sup>。在研钵中放入已称好的 1.0 g 毛竹笋样品,向其中加入 95% 乙醇 5.0 ml,研磨成浆状,在 4 ℃、3 000 r/min 条件下离心 7 min,沉淀物以 95% 乙醇 5 ml 冲洗 3 次,再用乙醇与正己烷混合液冲洗 3 次,比例为 1:2 (V:V),干燥沉淀物后将其与 25% 溴乙酰冰醋酸溶液溶合,在 70 ℃ 恒温水浴中加塞保温 30 min,然后加 2 mol/L 氢氧化钠 0.9 ml 终止反应,再加冰醋酸 5.0 ml 和 7.5 mol/L 的羟胺盐酸 0.1 ml,再用冰醋酸定容至

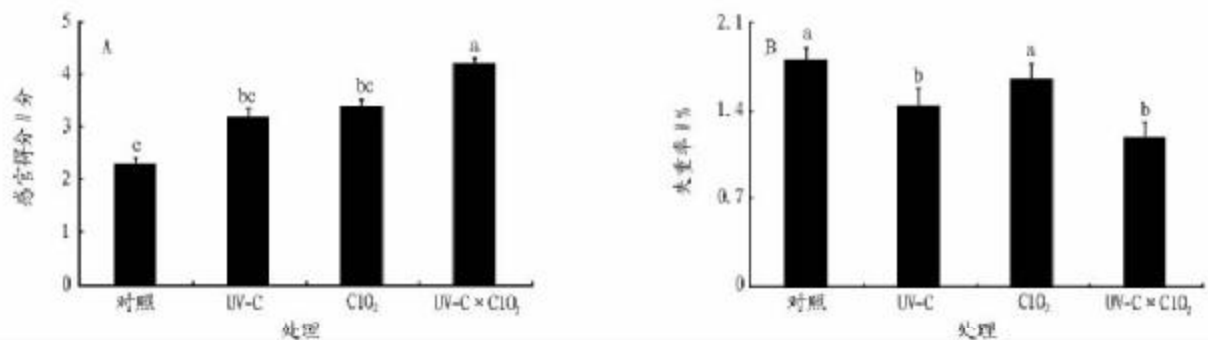
10 ml,在 1 000 r/min 条件下离心 7 min,保留上清液并在 280 nm 波长处测定吸光度,木质素的含量以 1 g 鲜重在 280 nm 波长处的吸收值表示,冰醋酸为空白。

**1.3.5 丙二醛(MDA)含量测定。**采用硫代巴比妥酸法测定,单位为 nmol/g(FW)。

**1.4 数据分析** 所有试验均重复 3 次,结果所列的数据是 3 次重复的平均值。采用 SPSS 13.0 对数据进行处理,试验数据采用 ANOVA 进行邓肯氏多重差异分析( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

**2.1 感官评定和失重率** 在鲜切蔬菜的加工过程中,由切割造成的机械损伤会诱导一系列的生理生化变化,导致其品质迅速下降,如组织变硬、变色和失去风味。从图 1A 可知,鲜切毛竹笋经过 6 d 冷藏,其感官品质迅速下降,UV-C 或  $\text{ClO}_2$  单独处理均能抑制毛竹笋品质下降,但 UV-C 结合  $\text{ClO}_2$  处理的毛竹笋感官得分显著( $P < 0.05$ )高于对照和单独处理。而 UV-C 单独或结合  $\text{ClO}_2$  处理,都能减少鲜切毛竹笋的失重率,但与对照差异不显著( $P > 0.05$ ) (图 1B)。据报道,UV-C 处理还能减少采后莲雾的失重率<sup>[11]</sup>。



注:图中不同小写字母标注表示在 0.05 水平的差异显著性。

图 1 UV-C 结合  $\text{ClO}_2$  处理对鲜切毛竹笋感官品质(A)和失重率(B)的影响

**2.2 木质素** 木质素和纤维素是植物细胞壁的主要组成成分之一,植物木质化是木质素在植物细胞壁积累的结果<sup>[12]</sup>。采后毛竹笋贮藏期间木质素含量迅速增加,从而导致毛竹笋组织硬度增加。如图 2 所示,对照毛竹笋的木质素含量迅速增加,UV-C 单独或结合  $\text{ClO}_2$  处理能够显著( $P < 0.05$ )抑制木质素含量的上升,但处理之间差异不显著。

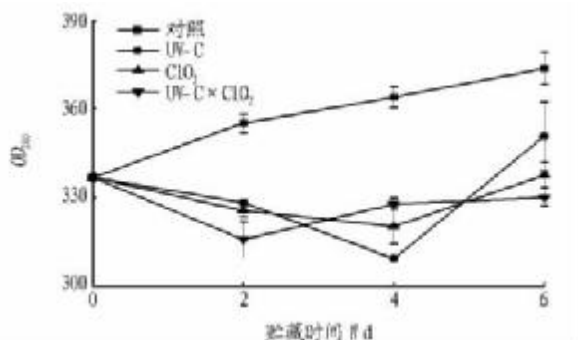


图 2 UV-C 结合  $\text{ClO}_2$  处理对鲜切毛竹笋木质素的影响

**2.3 PAL、PPO 和 POD 活性** PAL 是木质素生物合成中的关键酶,能催化苯丙氨酸转化为肉桂酸;而 POD 则在木质

素生物合成的最后一步中通过催化  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解而使木质素单体发生聚合反应形成木质素;PPO 通过参与酚类物质的氧化过程,促进木质素的合成<sup>[13]</sup>。鲜切毛竹笋组织中的 PAL 活性呈逐渐上升趋势,UV-C 或 UV-C 结合  $\text{ClO}_2$  处理能抑制 PAL 活性增加,但与对照差异不显著,而  $\text{ClO}_2$  单独处理能显著( $P < 0.05$ )抑制 PAL 活性(图 3A)。PPO 活性于采后 2 d 达至高峰,之后趋于下降(图 3B),UV-C 单独或结合  $\text{ClO}_2$  处理毛竹笋的 PPO 活性均低于对照;POD 活性也呈逐渐上升趋势(图 3C), $\text{ClO}_2$  单独或结合 UV-C 处理能显著抑制( $P < 0.05$ )毛竹笋 POD 活性的。Luo 等发现,毛竹笋 PAL、PPO 和 POD 活性升高与乙烯有关,推测  $\text{ClO}_2$  和 UV-C 可能通过抑制毛竹笋乙烯形成而降低 PAL、PPO 和 POD 活性<sup>[14]</sup>。

**2.4 丙二醛** 丙二醛(MDA)是植物衰老过程中膜脂过氧化最重要的产物之一,常被用来评价细胞膜系统受伤害的程度,其含量高低可用作评价衰老的标志。由图 4 可知,在整个贮藏期间对照毛竹笋 MDA 含量缓慢升高, $\text{ClO}_2$  或 UV-C 处理毛竹笋的 MDA 含量保持稳定,均显著( $P < 0.05$ )低于对照,但 UV-C 单独或结合  $\text{ClO}_2$  处理间无显著差异。姜天甲等报道,经 2.0  $\text{kJ/m}^2$  或 4.0  $\text{kJ/m}^2$  的短波紫外线处理后,可以

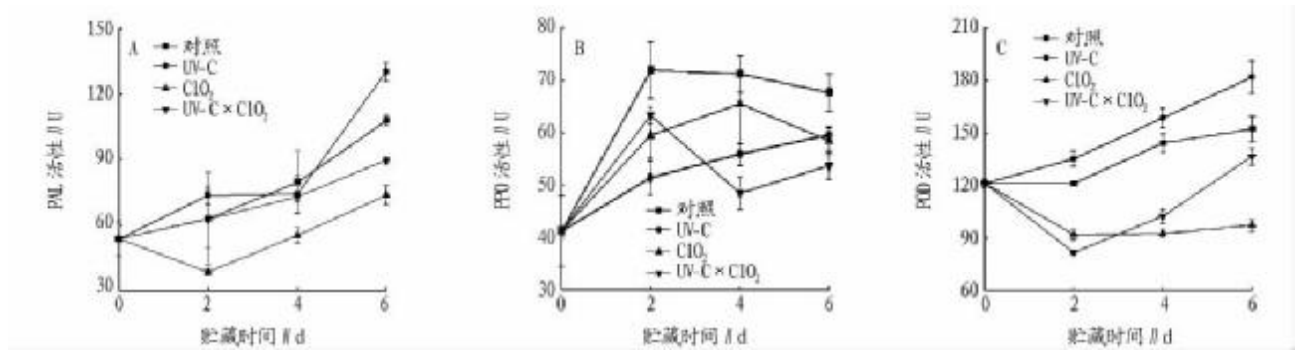


图3 UV-C 结合 ClO<sub>2</sub> 处理对鲜切毛竹笋 PAL (A)、PPO (B)和 POD (C)活性的影响

显著抑制香菇丙二醛(MDA)含量的上升<sup>[15]</sup>。杜金华等报道,低浓度 ClO<sub>2</sub> 能够显著抑制青椒的呼吸强度,降低丙二醛积累<sup>[16]</sup>。

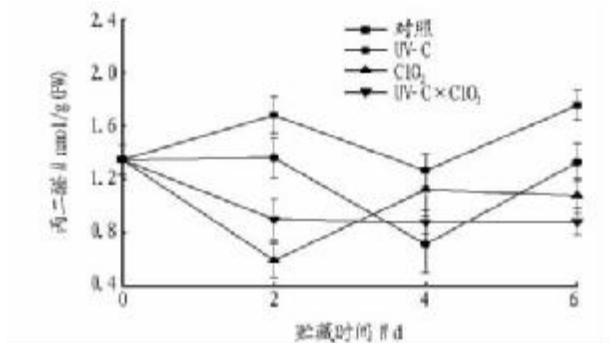


图4 UV-C 结合 ClO<sub>2</sub> 处理对鲜切毛竹笋丙二醛含量的影响

### 3 结论

UV-C 结合 ClO<sub>2</sub> 处理能够有效抑制鲜切毛竹笋 PAL、PPO 和 POD 活性,减少组织中木质素的合成和丙二醛的积累,延缓组织老化;同时,还能减少毛竹笋的水分损失,保持较好的感官品质。

### 参考文献

[1] MARQUENIE D,GEERAE RD A H,LAMMERTYN J,et al. Combinations of pulsed white light and UV-C or mild heat treatment to inactivate conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilia fructigena* [J]. International Journal of Food Microbiology,2003,85:185-196.

[6] 邱桂杰,王勇祥,杨洪忠,等. 新型复合防弹装甲结构材料的研究[J]. 纤维复合材料,2005(2):12-15.

[7] 陈磊,徐志伟,李嘉禄,等. 防弹复合材料结构及其防弹机理[J]. 材料工程,2010(11):94-100.

[8] 郑震,杨年慈,施楣梧,等. 硬质防弹纤维复合材料的研究进展[J]. 材料科学与工程学报,2005,23(6):905-910.

[9] SCHADE P. 100 Years of doped tungsten wire [J]. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials,2010,28(6):648-660.

[10] HERRMANN A,SCHMID K,BALDEN M,et al. Interfacial optimization of tungsten fibre-reinforced copper for high-temperature heat sink material for fusion application [J]. Journal of Nuclear Materials,2009,386/388:453-456.

[11] WU Z,KANG P C,WU G H,et al. The effect of interface modification on

[2] 荣瑞芬,冯双庆. 不同剂量短波紫外线照射对采后番茄后熟和发病的影响[J]. 中国农业大学学报,2006,6(1):68-73.

[3] 荣瑞芬,郭莹,李京霞,等. UV-C 处理采后桃防御酶活性与贮藏效果研究[J]. 食品科学,2007,28(8):505-509.

[4] 谭伟,杜金华. 二氧化氯在食品行业中的应用[J]. 中国食品与营养,2006(5):26-28.

[5] 钟梅,吴斌,王吉德,等. 二氧化氯气体对红提与巨峰葡萄采后呼吸速率、品质及货架期的影响[J]. 食品科技,2009,34(3):64-67.

[6] 胡双启,晋日亚. 气体二氧化氯对水果的杀菌作用及其应用前景展望[J]. 中国安全科学学报,2007,17(3):153-155.

[7] 李成,章文霞. 稳定性二氧化氯处理对杏保鲜的影响研究[J]. 太原科技,2007(7):82-83.

[8] 周运华,张愨. 鲜切竹笋的保鲜研究[J]. 保鲜与加工,2004(4):27-29.

[9] 曹健康,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] MORRISON I M. A semi-micro methods for the determination of lignin and its use in predicting the digestibility of forage crops [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,1972,23:455-463.

[11] 李天路,史载锋,梅平波. 紫外照射对莲雾贮藏保鲜效果的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(21):10136-10138.

[12] 陈晓亚. 植物次生代谢及调控[M]//余叔文,汤章城. 植物生理与分子生物学. 2版. 北京:科学出版社,1998.

[13] CAMPBELL M M,RONALD R. Variation in lignin content and composition [J]. Plant Physiology,1996,110(1):3-13.

[14] LUO Z S,XU X L,CAI Z Z,et al. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on lignification of postharvest bamboo shoot [J]. Food Chemistry,2007,105(2):521-527.

[15] 姜天甲,陆仙英,蒋振晖,等. 短波紫外线处理对香菇采后品质的影响[J]. 农业机械学报,2010,41(2):108-112.

[16] 杜金华,傅茂润,李苗苗,等. 二氧化氯对青椒采后生理和贮藏品质的影响[J]. 中国农业科学,2006,39(6):1215-1219.

(上接第 11409 页)

[6] 邱桂杰,王勇祥,杨洪忠,等. 新型复合防弹装甲结构材料的研究[J]. 纤维复合材料,2005(2):12-15.

[7] 陈磊,徐志伟,李嘉禄,等. 防弹复合材料结构及其防弹机理[J]. 材料工程,2010(11):94-100.

[8] 郑震,杨年慈,施楣梧,等. 硬质防弹纤维复合材料的研究进展[J]. 材料科学与工程学报,2005,23(6):905-910.

[9] SCHADE P. 100 Years of doped tungsten wire [J]. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials,2010,28(6):648-660.

[10] HERRMANN A,SCHMID K,BALDEN M,et al. Interfacial optimization of tungsten fibre-reinforced copper for high-temperature heat sink material for fusion application [J]. Journal of Nuclear Materials,2009,386/388:453-456.

[11] WU Z,KANG P C,WU G H,et al. The effect of interface modification on

fracture behavior of tungsten fiber reinforced copper matrix composites [J]. Materials Science and Engineering:A,2012,536:45-48.

[12] YONG M S,CLEGG A J. Process optimizations for a squeeze cast magnesium alloy metal matrix composite [J]. Journal of Materials Processing Technology,2005,168(2):262-269.

[13] GHOSH A K. On the measurement of strain-rate sensitivity for deformation mechanism in conventional and ultra-fine grain alloys [J]. Materials Science and Engineering:A,2007,463(1/2):36-40.

[14] WEI Q. Strain rate effects in the ultrafine grain and nanocrystalline regimes - influence on some constitutive responses [J]. Journal of Materials Science,2007,42:1709-1727.

[15] 汪冰峰. 钛及钛合金中绝热剪切带微观结构演化及其集体行为研究 [D]. 长沙:中南大学,2006.