

## 二氧化氯对青椒采后生理和贮藏品质的影响

杜金华, 傅茂润, 李苗苗, 夏伟

(山东农业大学食品科学与工程学院, 泰安 271018)

**摘要:** 【目的】研究二氧化氯( $\text{ClO}_2$ )对青椒的保鲜作用, 为青椒的贮藏提供新方法。【方法】用二氧化氯气体( $0$ 、 $5$ 、 $10$ 、 $20$ 、 $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )处理青椒, 研究二氧化氯对青椒采后生理和贮藏品质的影响。【结果】 $5$ 、 $10$ 、 $20$ 、 $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{ClO}_2$ 处理对青椒的腐烂有明显的抑制作用,  $40 \text{ d}$ 时其腐烂率均小于对照的 $50\%$ ; 其中 $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的处理对腐烂的抑制效果最明显, 贮藏到 $30 \text{ d}$ 时才有腐烂发生,  $40 \text{ d}$ 只有对照的 $1/4$ 。 $20$ 、 $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ClO}_2$ 可显著抑制青椒的呼吸( $P<0.05$ ),  $5$ 、 $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 对呼吸的抑制作用不显著( $P>0.05$ )。除 $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 外,  $5$ 、 $10$ 、 $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ClO}_2$ 处理使MDA含量低于对照, 但无显著差异( $P>0.05$ )。 $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的处理可以减缓青椒叶绿素的降解,  $10$ 、 $20$ 、 $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的处理使青椒叶绿素含量低于对照, 但无显著影响( $P>0.05$ )。 $\text{ClO}_2$ 可保持青椒的营养成分, 对青椒 $V_c$ 、可滴定酸和可溶性固形物含量有一定的保留作用; 对青椒的风味无影响。【结论】二氧化氯可以有效延缓青椒的采后生理变化, 保持青椒的品质。

**关键词:** 青椒; 二氧化氯; 采后生理; 贮藏品质

## Effects of Chlorine Dioxide on Post-Harvest Physiology and Storage Quality of Green Peppers

DU Jin-hua, FU Mao-run, LI Miao-miao, XIA Wei

(College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian 271018)

**Abstract:** 【Objective】The objective of this experiment is to study the effect of chlorine dioxide on green pepper and offer a new method for the storage of green pepper.【Method】Green pepper was treated by  $0$ ,  $5$ ,  $10$ ,  $20$ ,  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  chlorine dioxide gas, and the effects of chlorine dioxide on post-harvest physiology and storage quality of green peppers were evaluated.【Result】The rot index of green peppers were inhibited obviously by  $5$ ,  $10$ ,  $20$ ,  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ClO}_2$  treatments and the rot rate of which were  $50\%$  less than that of the check after  $40 \text{ d}$ , and among them, the inhibitory effects of  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ClO}_2$  treatments were the most obvious, rot rate of peppers occurred at  $30 \text{ d}$  and only  $1/4$  of that of the check at  $40 \text{ d}$ . Respiration of peppers was inhibited by  $20$ ,  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ClO}_2$  ( $P<0.05$ ) although no significant effects between  $5$  and  $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ClO}_2$  ( $P>0.05$ ) were observed. Except for  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ClO}_2$ , Malondialdehyde (MDA) contents were lower in  $5$ ,  $10$  or  $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ClO}_2$  treatments than check although no significant effect was observed between them. Breakdown of chlorophyll of peppers was delayed by  $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ClO}_2$  while  $10$ ,  $20$  or  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ClO}_2$  promoted it, though it had no significant effect ( $P>0.05$ ). Nutrient components of peppers were kept during the period of storage, the contents of  $V_c$ , titration acid and total soluble solid content were retained to some extent. 【Conclusion】Post-harvest physiology of green pepper was held back and its quality was maintained by chlorine dioxide.

**Key words:** Green pepper; Chlorine dioxide; Post-harvest physiology; Storage quality

### 0 前言

【本研究的重要意义】二氧化氯( $\text{ClO}_2$ )应用于食品保鲜<sup>[1]</sup>的研究已成为世界范围内的热门课题, 但

$\text{ClO}_2$ 处理对青椒的保鲜作用国内外尚没有报道。【前人研究进展】 $\text{ClO}_2$ 是目前国际上公认的性能优良、效果最好的食品保鲜剂和杀菌剂<sup>[2,3]</sup>, 可以防止乙烯的生成并杀灭腐败菌, 起到长期保鲜的作用<sup>[4]</sup>。2004年FDA

收稿日期: 2005-09-12; 接受日期: 2006-03-29

基金项目: 山东省教育厅项目 (03C08)

作者简介: 杜金华(1963-), 女, 山东济南人, 教授, 研究方向为食品科学及发酵工程。Tel: 0538-8249157; E-mail: djh@sdau.edu.cn

将  $\text{ClO}_2$  批准为果蔬杀菌剂。中国 GB-2760 将稳定性  $\text{ClO}_2$  列为食品添加剂, 使用范围为果蔬保鲜和鱼类加工。【本研究切入点】青椒 (*Capsicum frutescens* L. Var. Longrum) 果实采收时田间带病较多, 病原微生物的活动相对活跃, 易引起果实腐烂变质。采收后的青椒的生理活性依然强烈, 营养耗竭快, 生理衰败迅速, 货架期短。因此, 青椒的贮藏保鲜问题, 一直是保鲜领域攻关的一项难题<sup>[5]</sup>。【拟解决的关键问题】本文以“四方头”青椒为试验材料, 研究  $\text{ClO}_2$  对青椒采后生理和品质的影响, 以期为青椒贮藏技术的改进提供新的方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

将青椒果实分装于 0.05 mm 厚的高密度聚乙烯袋中, 分别称取 0、0.27、0.54、1.08、2.70 g  $\text{ClO}_2$  粉剂装入塑料小袋中, 扎数孔, 使其完全释放后浓度分别为 0、5、10、20、50  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 每个处理设 3 个平行。样品放入恒温培养箱中, 贮温 ( $10\pm 0.5$ )  $^{\circ}\text{C}$ 。经测定贮藏前青椒  $V_C$ 、可滴定酸和可溶性固形物 (TSS) 含量分别为 105.33  $\text{mg}/100\text{g}$ 、1.06  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、4.57%。

### 1.2 测定项目与方法

1.2.1 呼吸强度测定 参照李合生法<sup>[6]</sup>, 取 500 g 左右青椒放入干燥器中,  $10^{\circ}\text{C}$  下采用静置碱液滴定法测定。

1.2.2 失重率 失重率 =  $\frac{\text{贮藏前重量} - \text{贮藏后重量}}{\text{贮藏前重量}} \times 100\%$

1.2.3 叶绿素含量: 参照李合生法<sup>[6]</sup>, 用 95% 乙醇提取青椒叶绿素。

1.2.4 MDA (丙二醛) 含量 硫代巴比妥酸法<sup>[6]</sup>。

1.2.5 腐烂指数<sup>[7]</sup>

$$\text{腐烂率} = \frac{\text{腐烂果 (发霉、腐烂) 重}}{\text{果实原重}} \times 100\%$$

1.2.6  $V_C$  测定 2,6-二氯靛酚法<sup>[6]</sup>

1.2.7 可滴定酸测定 NaOH 滴定法

1.2.8 TSS 含量测定 折光仪法

### 1.3 数据分析

采用 SPSS11.0 进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 $\text{ClO}_2$ 处理对青椒采后呼吸的影响

青椒果实具有较高的呼吸强度。由图 1 可知,  $\text{ClO}_2$

可以有效抑制青椒的呼吸强度, 在贮藏期间  $\text{ClO}_2$  使青椒呼吸小于对照, 特别是 20、50  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  的处理对青椒呼吸有显著的抑制作用, 从开始时的 60.85  $\text{mg}\text{CO}_2\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  快速下降到第 10 d 的 19.73  $\text{mg}\text{CO}_2\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  和 13.63  $\text{mg}\text{CO}_2\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 。5、10  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  的处理在整个贮藏期间和对照无显著差异 ( $P>0.05$ )。20、50  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  的处理在贮藏初期时呼吸显著下降 ( $P<0.05$ ), 30 d 后趋于平稳。40 d 时各浓度间差异不显著, 但仍小于对照果实。表明  $\text{ClO}_2$  处理能够抑制青椒的呼吸, 以 20、50  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  浓度最显著。

### 2.2 $\text{ClO}_2$ 处理对青椒腐烂率的影响

$\text{ClO}_2$  可以显著减少水果病原菌<sup>[8]</sup>。由图 2 可知, 对照在第 10 d 左右开始有腐烂发生, 到第 40 d 时腐烂率已经达到 36.3%, 且整个贮藏期均大于各浓度的  $\text{ClO}_2$  处理。随着  $\text{ClO}_2$  处理浓度的增大, 抑菌效果逐渐增强。5、10、20  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  的处理同对照相同, 在贮藏 10 d 左右时开始有腐烂发生, 但 40 d 时其腐烂率也

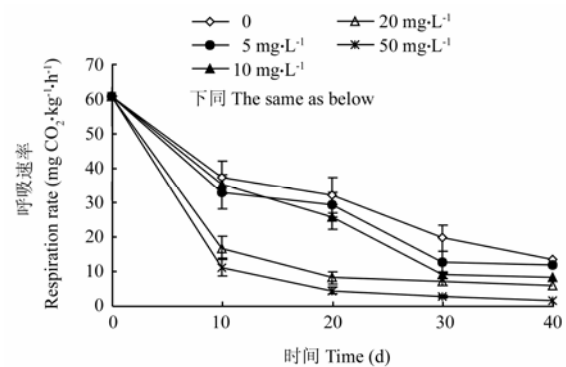


图 1  $\text{ClO}_2$  处理对青椒呼吸的影响

Fig. 1 Effects of chlorine dioxide treatments on respiration rate of green peppers (n=3)

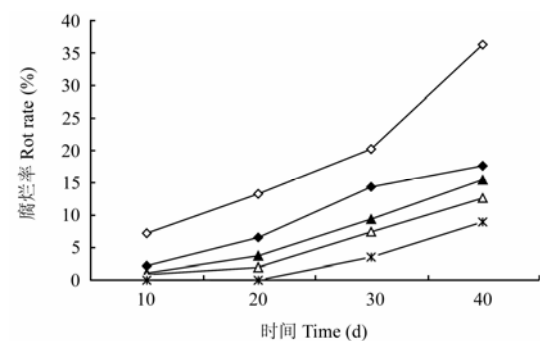


图 2  $\text{ClO}_2$  处理对青椒腐烂的影响

Fig. 2 Effects of chlorine dioxide on rot rate of green peppers (n=3)

小于对照的 50%。50 mg·L<sup>-1</sup> 的处理对腐烂的抑制效果最明显, 直至贮藏到第 30 d 左右时才有腐烂发生, 40 d 时也只有 9.0%, 仅相当于对照的约 1/4, 说明 ClO<sub>2</sub> 对青椒的腐烂有明显的抑制作用。

### 2.3 ClO<sub>2</sub> 处理对青椒丙二醛含量的影响

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<sup>[9]</sup>。由图 3 可知, 在整个贮藏期间各处理 MDA 含量均不断升高, 5、10、20 mg·L<sup>-1</sup> 的 ClO<sub>2</sub> 处理 MDA 含量小于对照且无显著差异 ( $P>0.05$ ), 50 mg·L<sup>-1</sup> 的 MDA 含量大于对照, 与对照间基本无显著差异 ( $P>0.05$ ), 在贮藏末期与其它浓度有显著差异 ( $P<0.05$ )。表明 50 mg·L<sup>-1</sup> ClO<sub>2</sub> 会引起青椒 MDA 含量的增加, 但较低浓度的处理会延缓青椒 MDA 含量的积累。

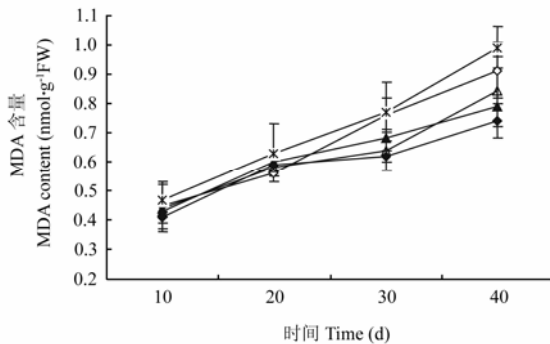


图 3 ClO<sub>2</sub> 处理对青椒丙二醛含量的影响

Fig. 3 Effects of chlorine dioxide treatments on MDA content of green peppers (n=3)

表 ClO<sub>2</sub> 处理对青椒失重率、V<sub>C</sub>、可滴定酸和 TSS 含量的影响

Table Effects of chlorine dioxide on weight loss, V<sub>C</sub>, titration acid and TSS contents of green peppers (n=3)

测定项目 Item	时间 (d) Time	浓度 Concentration (mg·L <sup>-1</sup> )				
		0	5	10	20	50
失重率 Weight loss(%)	10	0.87±0.12	0.62±0.23	0.79±0.11	0.71±0.15	0.95±0.09
	20	1.40±0.35	1.05±0.23	1.26±0.13	1.16±0.33	1.38±0.28
	30	2.58±0.36	1.82±0.22	1.96±0.19	1.56±0.37	2.32±0.54
	40	3.32±0.29	3.25±0.30	3.02±0.46	2.94±0.39	3.53±0.33
V <sub>C</sub> 含量 V <sub>C</sub> content (mg/100g)	10	91.07±10.78	90.14±6.89	90.38±5.90	84.50±10.29	84.63±12.36
	20	59.61±13.58	66.87±10.78	77.01±9.23	75.30±10.88	70.07±12.33
	30	49.22±18.55	56.88±7.98	58.40±12.30	58.58±8.46	59.62±10.21
	40	41.17±6.32	47.41±7.31	47.94±5.35	49.68±6.01	52.72±6.68
TSS 含量 TSS content (%)	10	4.53±0.04	4.57±0.06	4.63±0.07	4.53±0.05	4.47±0.05
	20	4.63±0.09	4.60±0.10	4.70±0.05	4.57±0.11	4.67±0.08
	30	4.57±0.11	4.63±0.14	4.53±0.13	4.73±0.06	4.57±0.09
	40	4.60±0.07	4.60±0.12	4.63±0.08	4.60±0.16	4.63±0.21
可滴定酸含量 Titration acid content (mg·L <sup>-1</sup> )	10	0.92±0.21	0.97±0.09	0.95±0.13	0.97±0.07	0.98±0.15
	20	0.84±0.14	0.87±0.20	0.88±0.09	0.88±0.17	0.89±0.12
	30	0.75±0.11	0.77±0.17	0.75±0.24	0.79±0.21	0.81±0.16
	40	0.68±0.12	0.70±0.08	0.71±0.15	0.72±0.10	0.76±0.13

### 2.4 ClO<sub>2</sub> 对青椒叶绿素含量的影响

由图 4 可知, 除 5 mg·L<sup>-1</sup> 的处理可以较好的保持叶绿素含量外, 其它处理均使叶绿素含量低于对照。说明除 5 mg·L<sup>-1</sup> 外, ClO<sub>2</sub> 处理对青椒叶绿素有一定的破坏作用, 可以加速叶绿素的降解, 而且浓度大使叶绿素的降解加快, 但它们之间均无显著差异 ( $P>0.05$ )。

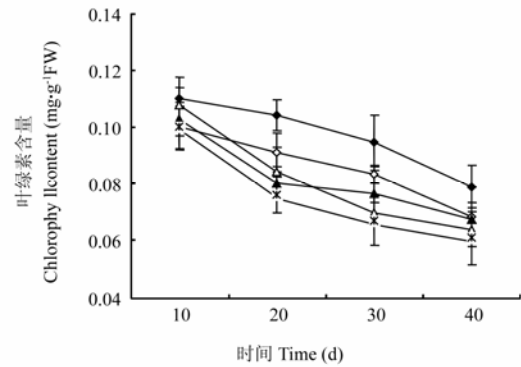


图 4 ClO<sub>2</sub> 对青椒叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effects of chlorine dioxide treatments on chlorophyll content of green peppers (n=3)

### 2.5 ClO<sub>2</sub> 处理对青椒失重率、V<sub>C</sub>、可滴定酸和 TSS 含量的影响

在果蔬贮藏中, 一般失重率超过 5%, 就会有皱缩萎蔫现象的发生。试验中直至贮藏末期失重率最大为 3.32%, 小于 5%, 没有出现明显的皱缩失水现象 (表)。说明 ClO<sub>2</sub> 处理对青椒失重率的影响不大。

由表可知,贮藏至 10 d 时,各浓度的  $\text{ClO}_2$  处理  $\text{V}_\text{C}$  含量稍低于对照,但无显著差异 ( $P>0.05$ ),从第 20 d 开始随贮藏时间的延长,各处理的  $\text{V}_\text{C}$  要大于对照,40 d 时各处理对  $\text{V}_\text{C}$  的保存率为 45.0%~50.1%,而对照已降至初值的 39.1%,有显著差异 ( $P<0.05$ )。说明  $\text{ClO}_2$  处理可对青椒的  $\text{V}_\text{C}$  含量起到较好的保存作用。

可滴定酸和 TSS 含量对水果品质有较大影响。由表可知,在贮藏中各处理对滴定酸的保留要大于对照,40 d 时除  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  处理与对照有显著差异 ( $P<0.05$ ) 外,其它处理均无显著差异 ( $P>0.05$ )。TSS 含量在贮藏期间变化不大,40 d 时各处理的 TSS 含量要稍大于对照,但无显著差异 ( $P>0.05$ )。说明  $\text{ClO}_2$  对滴定酸和 TSS 有一定的保留作用。

### 3 讨论

在青椒贮藏过程中,防止其腐烂是贮藏保鲜的首要任务。青椒主要感染辣椒疫霉<sup>[10]</sup>、灰霉菌、轻度斑点病毒、沙门氏菌<sup>[11]</sup>等。 $\text{ClO}_2$  具有很强的氧化作用,除对一般细菌有杀死作用外,对芽孢、病毒、藻类、真菌等均有较好的杀灭作用<sup>[12]</sup>,可以显著减少水果病原菌<sup>[8]</sup>,本试验中  $\text{ClO}_2$  处理显著减少了青椒的腐烂,延长了货架期(图 2)。

青椒是非呼吸跃变性蔬菜,不耐  $\text{CO}_2$ ,易发生  $\text{CO}_2$  中毒。青椒的呼吸强烈,营养耗竭快,生理衰败迅速,加剧果实内物质转化和呼吸基质的消耗<sup>[13]</sup>。在果蔬贮运中,由于蛋氨酸(*Met*)等的代谢作用会产生  $\text{CO}_2$  等造成果蔬衰老的物质, $\text{ClO}_2$  可以迅速有效地阻止蛋氨酸的分解,减少  $\text{CO}_2$  的产生<sup>[4]</sup>。龚宇同认为  $\text{ClO}_2$  可以降低桃的呼吸强度,抑制其成熟衰老<sup>[14]</sup>。傅茂润认为适宜浓度的  $\text{ClO}_2$  浸泡处理可以保持“无核白”葡萄的糖、酸含量<sup>[15]</sup>。由本试验可知(图 1、表), $\text{ClO}_2$  可以显著抑制青椒的呼吸,降低其呼吸强度,对 TSS、可滴定酸含量的保留起到了一定的作用。

由于果实本身含有促使  $\text{V}_\text{C}$  氧化的酶(抗坏血酸氧化酶),因此在贮藏过程中  $\text{V}_\text{C}$  会逐渐被氧化减少;虽然低温可使  $\text{V}_\text{C}$  的稳定性提高,但当贮藏温度大于  $-18^\circ\text{C}$  时,仍将导致  $\text{V}_\text{C}$  显著的损失,而如果将氯化物( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HOCl}$ ,  $\text{ClO}_2$ ) 作用于食物表面,它导致的维生素损失较小<sup>[16]</sup>。贮藏初期  $\text{ClO}_2$  处理使  $\text{V}_\text{C}$  含量稍低于对照,但到后期则要大于对照,原因可能是由于前期  $\text{ClO}_2$  释放较快、释放量较大;之后,其对青椒的保鲜作用开始体现,对  $\text{V}_\text{C}$  的含量起到了保持的作用。

研究表明,在逆境胁迫或衰老过程中,植物细胞内活性氧的产生和清除平衡受到破坏,膜脂过氧化而导致膜系统伤害<sup>[17]</sup>。由试验结果可知,尽管  $\text{ClO}_2$  提供的分子氧的强氧化作用可能会使细胞膜透性增大,引起 MDA 含量的增加,但试验发现低浓度的  $\text{ClO}_2$  并没有引起青椒 MDA 含量的增加,只有当浓度较大时才会使 MDA 含量较高(图 2)。

叶绿素含量高是青椒品质的重要评判指标,也是其外观品质的重要体现,尽管  $\text{ClO}_2$  具有强氧化作用,会使叶绿素氧化,但  $\text{ClO}_2$  能够分解乙烯的前体物质-蛋氨酸,阻止乙烯的生成,并能够分解已经形成的乙烯,而乙烯能导致蛋白-脂质膜的崩溃及叶绿素-蛋白复合体释放,造成叶绿素的分解<sup>[8]</sup>。Han Y 也认为  $\text{ClO}_2$  对青椒叶绿素的影响是不显著的<sup>[18]</sup>。在青椒中也得到了类似的结论,各处理与对照之间没有显著差异(图 4)。因此推测  $\text{ClO}_2$  对叶绿素的作用可能是双重的,对其分解既有促进又有抑制作用。

本试验中采用小袋扎口法使  $\text{ClO}_2$  释放,不能准确地控制其释放速率,其释放很可能是不均匀的,使  $\text{ClO}_2$  的效果无法完全体现,这也限制了它的应用。在实际应用中,对  $\text{ClO}_2$  释放速率的有效控制是必需的,因此  $\text{ClO}_2$  缓释剂的研发显得尤为必要,同时还需要对  $\text{ClO}_2$  用于果蔬保鲜的适宜浓度做进一步的研究。

### 4 结论

$\text{ClO}_2$  可以有效延缓青椒的采后生理变化,保持青椒的品质。对青椒的腐烂、呼吸强度均有明显抑制作用,可延缓 MDA 的积累(除  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  外),对叶绿素含量无显著影响,可保持营养成分含量,对风味无影响。

### References

- [1] 傅茂润,杜金华. 二氧化氯在食品保鲜中的应用. 食品与发酵工业, 2004, 30(8): 113-116.  
Fu M R, Du J H. The application of chlorine dioxide in food fresh-keeping. *Food and Fermentation Industries*, 2004, 30(8): 113-116. (in Chinese)
- [2] Andrews L S, Key A M, Martin R L, Grodner R, Park D L. Chlorine dioxide wash of shrimp and crawfish an alternative to aqueous chlorine. *Food Microbiology*, 2002, 19: 261-267.
- [3] Du J, Han Y, Linton R H. Efficacy of chlorine dioxide gas in reducing *Escherichia coli* O157: H7 on apple surfaces. *Food Microbiology*, 2003, 20: 583-591.

- [4] 马小燕, 刘秀英. 二氧化氯的应用研究与进展. 环境与健康杂志, 1998, 15(2): 94-96.  
Ma X Y, Liu X Y. The application and prospect of chlorine dioxide. *Magazine of Environment and Health*, 1998, 15(2): 94-96. (in Chinese)
- [5] 颜敏华, 朱建美, 颜建明. 影响青椒贮藏性的因素. 甘肃农业大学学报, 2004, (3): 300-305.  
Xie M H, Zhu J M, Xie J M. Effect factors on storage of green pepper. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2004, (3): 300-305. (in Chinese)
- [6] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社, 2000.  
Li H S. *Principles and Techniques of Plant Physiological Biochemical Experiment*. Beijing: Higher Education Press, 2000. (in Chinese)
- [7] 熊汉国, 王 鹏, 幸 川, 魏学峰. 特种包装薄膜对青椒保鲜效果的探讨. 包装工程, 2003, 23(2): 18-19.  
Xiong H G, Wang P, Xing C, Wu X F. Research the effect result of special package film on keeping fresh of green peppers. *Packing Engineering*, 2003, 23(2): 18-19. (in Chinese)
- [8] Robert R G, Reymond S T. Chlorine dioxide for reduction of post-harvest pathogen inoculum during handling of the fruits. *Applied and Environment Microbiology*, 1994, 60: 2864-2868.
- [9] 颜志梅, 蔺 经, 盛宝龙, 李晓刚, 杨青松. 1-MCP 处理对梨常温贮藏效果的影响. 江苏农业学报, 2004, 20(3): 189-193.  
Yan Z M, Lin J, Sheng B L, Li X G, Yang Q S. Effects of 1-MCP treatment on pear storage at ambient temperature. *Jiangsu Journal of Agricultural Science*, 2004, 20(3): 189-193. (in Chinese)
- [10] Ikegashira Y, Ohki T, Higashi T, Hagiwara K, Omura T, Honda Y, Tsuda S. An immunological system for the detection of pepper mild mottle virus in soil from green pepper fields. *Plant Disease*, 2004, 88: 650-655.
- [11] Liao C H, Cooke P H. Response to trisodium phosphate treatment of *Salmonella* Chester attached to fresh-cut green pepper slices. *Canadian Journal of Microbiology*, 2001, 47: 25-32.
- [12] Beuchat J R. Surface decontamination of fruit and vegetables eaten raw. *Journal of Food Safety*, 1998 (18): 101-112.
- [13] 水茂兴, 马国瑞, 陈美慈, 柴伟国. 壳聚糖处理番茄、青椒的保鲜效果. 浙江农业科学, 2001, (4): 164-167.  
Shui M X, Ma G R, Chen M C, Chai W G. Effects of chitosan coating on tomato and green pepper. *Zhejiang Journal of Agricultural Science*, 2001, (4): 164-167. (in Chinese)
- [14] 龚宇同, 宗 文. 复合型二氧化氯保鲜剂对大久保桃采后生理的影响. 食品工业科技, 2004, (9): 126-128.  
Gong Y T, Zong W. Effects of chlorine dioxide compound treatment on the post harvest physiology of 'Jiubao' peach. *Science and Technology of Food Industry*, 2004, (9): 126-128. (in Chinese)
- [15] 傅茂润, 杜金华, 谭 伟, 傅聿成, 夏 伟. ClO<sub>2</sub> 对葡萄贮藏品质的影响. 食品与发酵工业, 2005, 31: 154-157.  
Fu M R, Du J H, Tan W, Fu Y C, Xia W. Effects of chlorine dioxide treatments on storage quality of grape. *Food and Fermentation Industries*, 2005, 31: 154-157. (in Chinese)
- [16] O-R 菲尼马. 王 璋, 许时婴, 江 波, 杨瑞金, 钟 芳, 麻建国. 食品化学(第三版). 北京: 中国轻工业出版社, 1991: 408.  
Fennema O R. Translated by Wang Z, Xu S Y, Jiang B, Yang R J, Zhong F, Ma J G. *Food Chemistry* (3rd ed.). Beijing: Light Industry Press in China, 1991: 408. (in Chinese)
- [17] 陈蔚辉, 张福平, 林建新, 叶碧寸, 余木丽. 常温条件下微气调袋包装对荔枝品质与某些生理指标的影响. 果树学报, 2004, 21: 85-87.  
Chen W H, Zhang F P, Lin J X, Ye B C, Yu M L. Effects of bagging with micro-adjustment of air composition on the quality and some physiological indices of litchi fruit under ambient temperature. *Journal of Fruit Science*, 2004, 21: 85-87. (in Chinese)
- [18] Han Y, Sherman D M, Linton R H, Nielsen S S, Nelson P E. The effects of washing and chlorine dioxide gas on survival and attachment of *Escherichia coli* O157: H7 to green pepper surfaces. *Food Microbiology*, 2000, 17: 521-533.

(责任编辑 曲来娥)