

# 短波紫外线处理对青椒采后生理特性的影响

范林林, 任恒雪, 夏春丽, 左进华, 高丽朴, 王 清

(北京市农林科学院 蔬菜研究中心, 果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室, 农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 农业部都市农业(北方)重点实验室, 北京 100097)

**摘 要:**以青椒“丰甜王”为试材,采用短波紫外线照射方法,研究了不同剂量 UV-C 处理对青椒保鲜效果的影响。结果表明:0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理能有效维持青椒良好的外观品质和硬度,抑制相对电导率和丙二醛含量的上升、失重率的下降,除此之外,还能够有效抑制青椒可溶性固形物(TSS)、可溶性蛋白质、维生素 C 含量的下降,较好的维持了青椒的营养物质。

**关键词:**青椒;UV-C;相对电导率;可溶性固形物;丙二醛

**中图分类号:**S 641.309.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)10-0127-04

青椒色泽鲜艳,果肉厚而脆嫩,风味独特,营养丰富,具有促进消化、脂肪代谢等保健功效,是一种很受消费者喜爱的蔬菜。然而青椒贮藏期间容易出现失水萎蔫、腐烂和变红等问题,易损害其商品价值和食用价值。因此,寻求一种方便而有效的保鲜技术是亟待解决的关键问题。

目前青椒保鲜采用的方法包括热处理、气调贮藏法、低温处理<sup>[1-2]</sup>等。短波紫外线(UV-C)是一种简单、安全、经济的采后处理技术,处理的产品无污染、无化学残留,符合绿色食品的要求<sup>[3]</sup>。国外学者利用不同辐射能流的 UV-C 照射采后果蔬,均不同程度减轻了花椰菜( $10 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ )、草莓( $4.1 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ )、桃( $2.4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ )<sup>[4]</sup>、番茄( $3.7 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ )等果蔬病害,延缓了老化过程,提高了贮藏期间的品质。ARIEL 等<sup>[5]</sup>发现,UV-C 处理“灯笼椒”可以降低辣椒腐烂率、减轻冷害、延长贮藏期。现研究了不同剂量 UV-C 处理对青椒果实的贮藏品质的影响,以寻求 UV-C 处理青椒的最佳照射剂量,从而为青椒的贮藏保鲜技术提供一定的理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为青椒品种“丰甜王”,产地北京顺义;80 cm×80 cm 型 0.03 mm 厚度的金蝶 PE 保鲜膜,无锡市金利大纸塑制品有限公司。

辐照计(UV DATAL 115/230V, Cole-PARMER Country of origin:US);电导率仪(DDSJ-308A 上海精密科学仪器有限公司);果实硬度计(浙江托普仪器有限公司);电子秤(北京华瑞京科商贸中心);手持糖度计(DIGITAL REFRACTOMETER PR-100 MADE IN JAPAN);UV-1800 紫外分光光度计(上海精密科学仪器有限公司);TGL-16G-A 高速冷冻离心机(广州晟龙实验仪器有限公司)。

### 1.2 试验方法

将 30 个无机械损伤、无病虫害的青椒和辐照计的探头一端,同时放入 UV-C 灯管下,摆放整齐,在辐照 0.125  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  时,将青椒翻转,然后继续辐照 0.125  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ ,总的辐照剂量是 0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ ,保证青椒被 UV-C 灯均匀照射,随后将青椒用 0.03 mm 的 PE 袋包装,置入 25℃冷库中。每 2 d 测 1 次各项指标,1 次取 10 个青椒,对照除不进行 UV-C 照射,其它处理相同。

### 1.3 项目测定

**感官评定标准:**由 6 人组成的品评组人员评判各处理的保鲜效果,每个样品按萎蔫、色泽、硬度及外观进行整体分级,共 9 分,分成 3 等,1 分 $<X \leq 4$  分表示不可接受,4 分 $<X \leq 6$  分表示一般,6 分 $<X \leq 9$  分表示商品价值乐意接受(表 1)。

**第一作者简介:**范林林(1990-),女,硕士研究生,研究方向农产品贮藏加工与食品资源开发。E-mail:fanlinlin0418@163.com.

**责任作者:**王清(1979-),女,博士,副研究员,现主要从事农产品贮藏与加工等研究工作。E-mail:wangqing@nrcv.org.

**基金项目:**国家大宗蔬菜产业体系建设资助项目(CARS-25-E-01);西北非耕地园艺作物生态高效生产技术与示范资助项目(201203095);北京市农林科学院青年基金资助项目(201404)。

**收稿日期:**2015-12-18

表 1

外观指数评定标准<sup>[6]</sup>

Table 1

Appearance index evaluation criteria

9分	8分	7分	6分	5分	4分	3分	2分	1分
没有变化	稍有变化	变化明显	商品性下降	商品性最低限	失去商品性	食用价值最低限	失去食用价值	腐烂变质

失重率:采用电子秤进行测定,失重率(%)=(贮藏前重量-贮藏后重量)/贮藏前重量×100。

硬度:利用 GY-3 型硬度计对果实进行测定,测定头直径为 0.8 cm,在每个果实中间最大横径处,去皮,取 3 个点测定硬度,取平均值。

可溶性固形物含量:采用手持糖度计(DIGITAL REFRACTOMETER PR-100 MADE IN JAPAN)测定。

维生素 C 含量:采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定维生素 C,参照 ROE 等<sup>[7]</sup>方法。

可溶性蛋白质含量:吸取 1.0 mL 样品提取上清液,放入具塞试管中,加入 5.0 mL 考马斯亮蓝 G-250 溶液,放置 2 min 后在波长 595 nm 处比色,重复 3 次。参照曹建康等<sup>[8]</sup>方法测定。

相对电导率:采用 DDSJ-308A 型电导率仪测定,相对电导率(%)=(初始电导率-纯水电导率)/(煮沸后的电导率-纯水电导率)×100。

丙二醛(MDA)含量:取 2.0 g 样品,加入 5.0 mL、100 g·L<sup>-1</sup>的 TCA 溶液,研磨匀浆后,于 4℃、10 000 r·min<sup>-1</sup>离心 20 min,参照曹建康等<sup>[8]</sup>方法测定。

#### 1.4 数据分析

采用 Origin 8.5 软件作图,试验结果取 3 次测定的平均值,以 IBM SPSS Statistics 19 进行显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 UV-C 处理对青椒感官评分的影响

感官评分是用于唤起、测量、分析和解释产品通过视觉、嗅觉、触觉、味觉和听觉而感知到的产品感官特性的一种科学方法。由图 1 可知,随着贮藏时间的延长,青椒的感官评分逐渐下降,0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理组

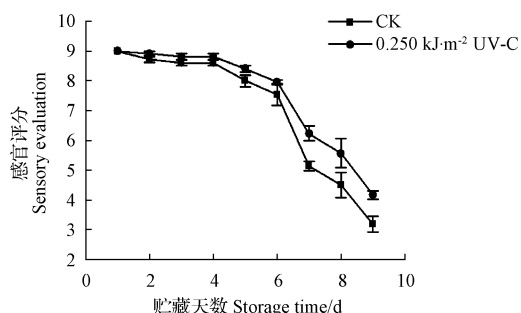


图 1 UV-C 处理对青椒感官评定的影响

Fig. 1 Effect of UV-C treatment on sensory score of sweet peppers

青椒的感官评分始终高于对照组,在贮藏至第 8 天时,0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 组青椒的感官评分是对照组的 1.22 倍,说明 0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理可有效提高青椒的感官评分,维持青椒良好的外观品质。

### 2.2 UV-C 处理对青椒失重率的影响

失重率是衡量青椒水分含量损失的一个重要标准。由图 2 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组青椒的失重率逐渐增加。对照组青椒的失重率始终高于 UV-C 处理组,由此说明 0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理能够有效抑制青椒水分损失,但 0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理组与对照组青椒的失重率之间差异性不显著( $P>0.05$ )。

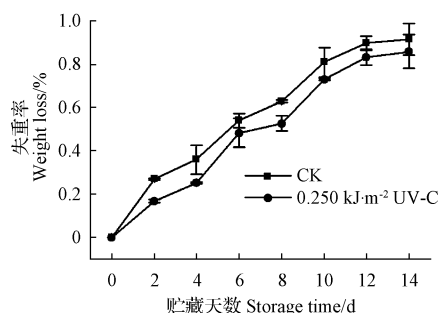


图 2 UV-C 处理对青椒失重率的影响

Fig. 2 Effect of UV-C treatment on weight loss of sweet peppers

### 2.3 UV-C 处理对青椒硬度的影响

硬度是确定青椒成熟衰老程度的一个衡量标准。由图 3 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组青椒的硬度逐渐下降,0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理组青椒的硬度始终高于对照组,在贮藏至第 14 天时,对照组青椒的硬度为 0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理组的 73.19%。说明

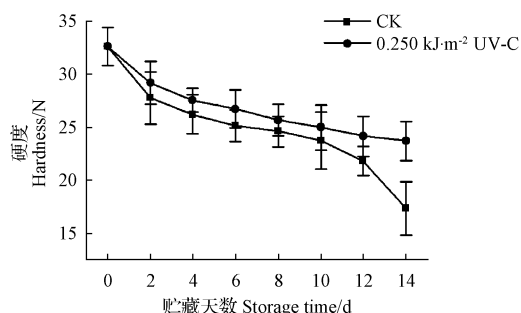


图 3 UV-C 处理对青椒硬度的影响

Fig. 3 Effect of UV-C treatment on hardness of sweet peppers

0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理可明显的抑制青椒硬度的降低,从而延缓了青椒的成熟衰老,对青椒的保鲜效果较好。

#### 2.4 UV-C 处理对青椒可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物(TSS)主要是指可溶性糖分、酸、维生素等能够溶解于水化合物的总称。由图 4 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组青椒的 TSS 含量逐渐下降,在贮藏期第 0~12 天下降的速度缓慢,然后在贮藏末期迅速下降。0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理组青椒的 TSS 含量始终高于比对照组,在贮藏至第 12 天时,对照组青椒的 TSS 含量是 0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理组的 81.71%,呈现显著性差异( $P < 0.05$ )。由此说明 0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理能有效抑制青椒 TSS 含量的下降,较好地维持了青椒的营养物质含量。

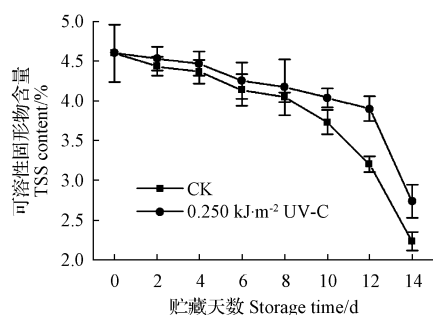


图 4 UV-C 处理对青椒可溶性固形物含量的影响

Fig. 4 Effect of UV-C treatment on TSS content of sweet peppers

#### 2.5 UV-C 处理对青椒维生素 C 含量的影响

维生素 C 是青椒最重要的营养指标之一,能代谢青椒中新陈代谢所产生的自由基,保护细胞组织不受损害而延缓其成熟衰老的速度<sup>[9]</sup>。由图 5 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组青椒的维生素 C 含量呈现逐渐下降的趋势,其中 0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理组青椒的维生素 C 含量始终处于最高水平,较好地维持了青椒的营养物质含量,并且在整个贮藏期间,与对照组呈显著性差异( $P < 0.05$ ),因此 0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理对青椒的保鲜效果最佳。

#### 2.6 UV-C 处理对青椒可溶性蛋白质含量的影响

可溶性蛋白质是植物细胞重要的渗透调节物质,是青椒重要的品质指标。由图 6 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组青椒的可溶性蛋白质含量呈现逐渐下降的趋势,其中 0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理组青椒的可溶性蛋白质含量始终高于对照组,在贮藏至第 8 天时,对照组青椒的可溶性蛋白质含量是 0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理组的 81.60%,因此 0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理较好地维持了青椒的营养物质含量,对青椒的保鲜效果较好。

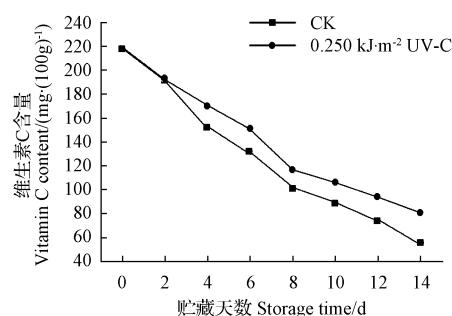


图 5 UV-C 处理对青椒维生素 C 含量的影响

Fig. 5 Effect of UV-C treatment on vitamin C content of sweet peppers

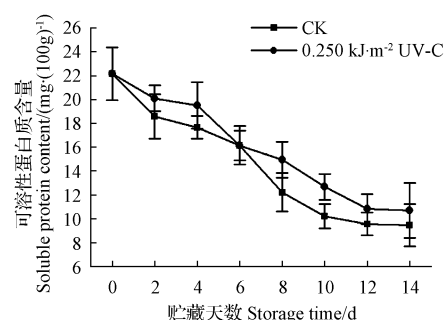


图 6 UV-C 处理对青椒可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 6 Effect of UV-C treatment on soluble protein content of sweet peppers

#### 2.7 UV-C 处理对青椒相对电导率的影响

相对电导率能够反映青椒细胞膜的渗透性,相对电导率越大,细胞膜的完整性损害越大<sup>[10]</sup>。由图 7 可知,随着贮藏时间的延长,青椒的相对电导率逐渐上升。0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理组青椒的相对电导率始终低于对照组,在整个贮藏期间,0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理组与对照组青椒的相对电导率之间呈显著性差异( $P < 0.05$ )。说明 0.250  $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$  UV-C 处理可以有效抑制青椒的相对电导率上升,有利于保护青椒细胞膜的完整性。

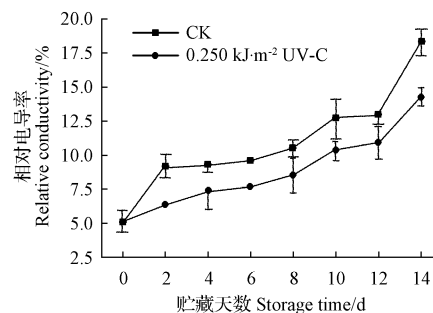


图 7 UV-C 处理对青椒相对电导率的影响

Fig. 7 Effect of UV-C treatment on relative conductivity of sweet peppers

## 2.8 UV-C 处理对青椒丙二醛含量的影响

MDA 是表征青椒细胞膜脂过氧化程度的重要指标,其含量多少可以衡量细胞膜损坏的程度<sup>[11]</sup>。由图 8 可知,随着贮藏时间的延长,对照组和 0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理组青椒的 MDA 含量呈现先上升后下降的趋势,其中对照组青椒的 MDA 含量始终高于处理组,在贮藏至第 8 天时,对照组青椒 MDA 含量为 0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理组的 1.25 倍,说明对照组青椒的细胞膜遭到严重的破坏,而 0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理较好地维持了青椒细胞膜的完整性,因此 0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理对青椒的保鲜效果最佳,延缓了青椒的成熟衰老。

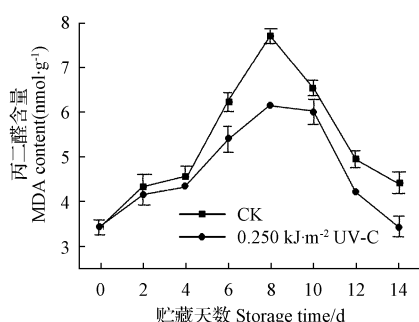


图 8 UV-C 处理对青椒丙二醛含量的影响

Fig. 8 Effect of UV-C treatment on MDA content of sweet peppers

## 3 结论

试验结果表明,0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C 处理能有效的维持青椒良好的外观品质以及青椒的硬度,抑制相对电导率和丙二醛含量的上升以及失重率的下降。除此之外,还能有效抑制青椒可溶性固形物、维生素 C、可溶性

蛋白质含量的下降,较好的维持青椒营养物质的含量,是一种经济有效的保鲜方法。

## 参考文献

- [1] 程顺昌,任小林,张少颖,等. 不同处理方法对辣椒采后贮藏特性的影响[J]. 长江蔬菜,2005(4):41-42.
- [2] 赵迎丽,王春生. 青椒低温贮藏及冷害生理的研究[J]. 山西农业大学学报,2003,23(2):129-132.
- [3] JEROBOAM P, VICENTE A R, MARTINE Z G A, et al. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2004, 84(14):1831-1838.
- [4] MARINA A P, HERNIA G R, GUSTAVO A M, et al. UV-C treatment affect the expression and activity of defense genes in strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch)[J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 59(1):94-102.
- [5] ARIEL R V, CARLOS P, LAURA L, et al. UV-C treatment reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper[J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 35:69-78.
- [6] HAN C, ZUO J H, WANG Q, et al. Effects of chitosan coating on post-harvest quality and shelf life of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) during storage[J]. Scientia Horticulturae, 2014, 166:1-8.
- [7] ROE H J, OSTERLING M J. The determination of dehydroascorbic acid and ascorbic acid in plant tissues by the 2,4-dinitrophenylhydrazine method[J]. Journal of Biological Chemistry, 1943, 35:511-517.
- [8] 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.
- [9] CHUANG H S, MOON K D. Browning characteristics of fresh-cut 'Tsugaru' apples as affected by pre-slicing storage atmospheres[J]. Food Chemistry, 2009, 114:1433-1437.
- [10] 陈奕兆,王亦佳,刚成诚,等. 壳寡糖、PVP 处理对冷藏水蜜桃的保鲜效果比较[J]. 食品科学, 2013, 34(18):332-336.
- [11] 曹明明,闫瑞香,冯叙桥,等. 热处理对鲜切玫瑰香葡萄抗氧化活性及生理生化品质的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(8):279-284.

## Effect of UV-C Treatment on Physiological Property of Postharvest Sweet Peppers

FAN Linlin, REN Hengxue, XIA Chunli, ZUO Jinhua, GAO Lipu, WANG Qing

(Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Beijing Key Laboratory of Fruits and Vegetable Storage and Processing/Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China), Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097)

**Abstract:** Taking 'Fengtian wang' sweet peppers as material, the effect of UV-C treatment on quality of sweet peppers was researched. The results showed that the treatment with 0.250 kJ·m<sup>-2</sup> UV-C could maintain better sensory scores of sweet peppers and hardness, and inhibit the increase of relative electrical conductivity, MDA content, weight loss rate, and reduce the decrease of TSS, soluble protein, vitamin C content, maintaining good nutrition content of sweet peppers.

**Keywords:** sweet peppers; UV-C; relative conductivity; TSS; MDA