

DOI:10.11937/bfyy.201619039

# LED 白光照射对黄瓜贮藏过程中品质的影响

范林林, 左进华, 史君彦, 高丽朴, 夏春丽, 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“园丰元 6 号”黄瓜为试材, 采用 LED 白色光照射处理及 0.03 mm PE 膜包装袋包装, 置于常温下贮藏, 研究了 LED 白光照射对黄瓜贮藏过程中品质的影响, 以期探究 LED 白光处理对黄瓜的保鲜效果。结果表明: LED 白光处理可有效维持黄瓜的感官品质, 延缓其水分损失, 较好地延缓黄瓜维生素 C 含量等营养物质的降解; 除此之外, 还能够抑制丙二醛(MDA)含量的上升, 推迟黄瓜的多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)活性高峰的到来。

**关键词:**LED; 黄瓜; 保鲜

**中图分类号:**S 642.209<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)19-0156-04

黄瓜属葫芦科一年生草本植物, 又名胡瓜、青瓜。因其营养丰富, 富含蛋白质、糖类、维生素和矿物质等成

分, 具有抗肿瘤、抗衰老、防酒精中毒、降血糖、减肥强体等作用, 深受市场欢迎。但由于黄瓜果实含水量大, 是典型的易腐型蔬菜, 在贮藏过程中极易萎蔫、变黄甚至腐烂, 因此黄瓜贮藏保鲜技术一直是人们研究的热点。黄瓜在贮藏过程中, 其生理指标和外观品质主要受到温度、自身的呼吸作用、微生物生长繁殖以及空气中氧气等多种因素的影响。目前, 黄瓜保鲜技术主要有化学法、多糖贮藏法和中草药贮藏法等。化学法保鲜效果较好, 但存在潜在的危害; 多糖贮藏尽管具有安全性, 但不具备抗菌性; 中草药保鲜价格较高、会散发药味、且有一

**第一作者简介:**范林林(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向为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@nercv.org.

**基金项目:**国家大宗蔬菜产业技术体系建设资助项目(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:**2016-05-05

[18] 迟超逸, 白凤岐, 李笑颜. 毛细管气相色谱法测定不同陈酿容器贮存红枣白兰地中甲醇高级醇含量[J]. 酿酒科技, 2015(4): 105-107.

[19] 李华. 葡萄酒品尝学[M]. 北京: 中国青年出版社, 1992: 123-126.

[20] 侯保玉. 浅谈葡萄酒的感官分析[J]. 广州食品工业科技, 1999(1): 52-53.

## Technology of Brewing Low Alcohol Sweet Wine With 'Cabernet Sauvignon' Based on Termination of Fermentation

CAO Fangling

(Ningxia Technical College of Wine and Desertification of Prevention and Control, Yinchuan, Ningxia 750199)

**Abstract:** The high quality 'Cabernet Sauvignon' grapes grown in Ningxia Helan Mountain areas were used as test materials. Key technology of low-alcohol sweet red wine by fermentation termination were studied. The results showed that during brewing the low-alcohol sweet red wine, the sugar content of raw materials for technical maturity was  $218.3 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , the total acid content was  $6.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ; optimal parameters for the brewing was that raw materials should be dipped at  $18^\circ\text{C}$  for 60 hours; fermentation temperature should be controlled at  $25^\circ\text{C}$ ; concentration of  $\text{SO}_2$  for inhibiting alcohol fermentation was  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , and the temperature should be dropped to  $0^\circ\text{C}$ . Optimum usage of gelatin to clarify the wine was  $60 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ; comprehensive analysis of the average wine sensory was 87 points, the level of the wine was Class B, which was of good quality.

**Keywords:** method of termination of the fermentation; 'Cabernet Sauvignon' grape; low alcohol sweet red wine; technology

定的毒性<sup>[1-5]</sup>。与传统的保鲜技术相比,光照处理具有来源广泛、成本低廉、无毒害、无副产物残留、对环境友好等优点,是一种较好地物理保鲜技术。有研究表明,在光照条件下,果蔬在贮藏初期会继续进行光合作用,积累营养物质。LED作为一种新型能源,具有散热量少、耗电低、电压范围较宽、控制方便等优点,被科学家认为是最有前景的植物照明光源<sup>[6-10]</sup>。然而,国内外有关LED白光处理黄瓜保鲜效果的研究尚鲜见报道。该试验采用了LED白光照射处理黄瓜,研究其对黄瓜贮藏期保鲜效果的影响,以期改善采后黄瓜品质,延长货架期提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试早黄瓜品种“园丰元6号”产自北京顺义地区;PE保鲜袋规格为100 cm×100 cm,厚0.03 mm(由北京科创欣达科技有限公司生产)。电子秤(北京华瑞京科商贸中心);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

将黄瓜随机分为2组,其中1组装入0.03 mm厚度的PE保鲜袋中,每袋装8个黄瓜,共8袋,折口包装,直接放入LED灯下,其强度为 $75 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (此强度为课题组在前期预试验设定的强度25、50、75、 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 中得到的最佳强度),每2 d测定与生理生化相关的指标,冻样、拍照。另外1组为对照,除不进行LED灯照射外,其它管理相同。

### 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,1~3分表示不可接受,4~6分表示一般,7~9分表示愿意接受商品价值(表1)。

表1 外观指数评定标准<sup>[11]</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:贮藏结束时分别对不同处理样品进行称重,计算失重率。

失重率(%)=(贮藏前质量(g)-贮藏后质量(g))/贮藏前质量(g)×100。

维生素C含量:采用高效液相色谱法测定维生素C含量,参照FAN等<sup>[12]</sup>的方法。

丙二醛(MDA)含量:取2.0 g样品,加入10.0 mL、 $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的TCA溶液,研磨匀浆后,于4℃、 $10\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心20 min,参照曹建康等<sup>[13]</sup>的方法

测定。

过氧化物酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)酶活性测定:分别称取2.0 g组织样品,置于研钵中,加入10.0 mL醋酸缓冲液,在冰浴条件下研磨成匀浆,于4℃、 $12\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心20 min,收集上清液即为酶提取液,均参照LIU等<sup>[14]</sup>的方法测定。

### 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软件进行显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 LED白光处理对黄瓜感官品质的影响

由图1可知,随着贮藏时间的延长,各试验组黄瓜的感官评分呈现逐渐下降的趋势,说明黄瓜的外观品质在不断下降,LED处理组黄瓜的感官评分始终高于对照组。在贮藏期第0~4天,LED处理组黄瓜的外观品质与对照组无显著性差异( $P>0.05$ ),下降速度也较为缓慢,无明显的变化,而在贮藏期第4~12天时,各试验组黄瓜的感官评分下降速度非常迅速,尤其是对照组,在贮藏期第8天时,对照组黄瓜的感官评分为LED处理组的77.27%,呈现显著性差异( $P<0.05$ ),说明LED白光照射处理有助于保持黄瓜的外观品质。

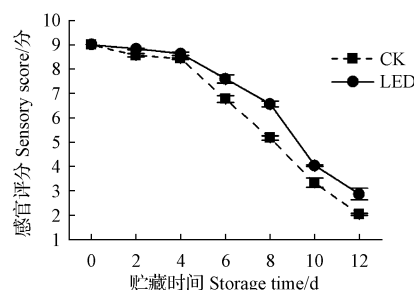


图1 LED白光处理黄瓜的感官评分变化

Fig. 1 Sensory score changes of cucumber treated with white LED light irradiation

### 2.2 LED白光处理对黄瓜失重率的影响

由图2可知,随着贮藏时间的延长,各试验组黄瓜的失重率呈现逐渐上升的趋势,说明黄瓜的质量损失在不断上升,且LED处理组黄瓜的失重率始终低于对照组。在贮藏到第6天时,LED处理组黄瓜的失重率与对照组无显著性差异( $P>0.05$ ),基本相等,而在贮藏到第8~12天时,各试验组黄瓜的失重率上升速度非常迅速,尤其是对照组,在贮藏第10天时,LED处理组黄瓜的失重率为对照组的84.47%,呈现显著性差异( $P<0.05$ ),说明LED白光照射黄瓜能够有效抑制黄瓜失重率的上升,延缓其质量损失。

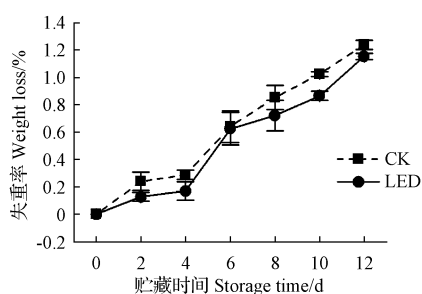


图2 LED白光处理对黄瓜失重率的影响

Fig. 2 Effect of white LED light irradiation on weight loss of cucumber

### 2.3 LED白光处理对黄瓜维生素C含量的影响

维生素C不仅是营养物质,还是一种抗氧化物质,因此维生素C含量可代表黄瓜在贮藏期间的抗氧化能力。由图3可知,随着贮藏时间的延长,各试验组黄瓜的维生素C含量呈现逐渐下降的趋势,且LED处理组黄瓜的维生素C含量始终高于对照组。在贮藏第4~8天时,LED处理组黄瓜的维生素C含量与对照组无显著性差异( $P>0.05$ ),而在贮藏第8~12天时,LED处理组黄瓜的维生素C含量与对照组存在显著性差异( $P<0.05$ ),在贮藏第10天时,LED处理组黄瓜的维生素C含量为对照组的1.06倍,以上说明LED白光照射黄瓜能够有效抑制黄瓜维生素C含量的下降,延缓维生素C降解。

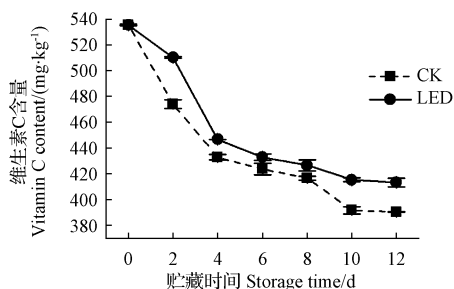


图3 LED白光处理对黄瓜维生素C含量的影响

Fig. 3 Effect of white LED light irradiation on vitamin C content of cucumber

### 2.4 LED白光处理对黄瓜丙二醛(MDA)含量的影响

丙二醛含量越高,表明黄瓜的细胞膜脂过氧化程度越大。由图4可知,随着贮藏时间的延长,各试验组黄瓜的丙二醛含量呈现先上升后下降的趋势,且各试验组黄瓜的丙二醛含量在贮藏第6天时达到峰值,对照组黄瓜的MDA含量始终高于LED白光处理组,说明LED白光处理能够有效抑制MDA物质的形成,较好地维持细胞膜的完整性。贮藏初期各处理MDA含量的逐步上升可能是由切割处理后组织的衰老所致,果蔬在受到机械伤害后,组织内的活性氧含量会增加,但同时会有许

多清除活性氧机制被启动,其中抗氧化酶类在清除活性氧、抑制膜脂过氧化、维持膜系统的稳定性中起重要作用。因而MDA表现出先上升后下降。在贮藏第6天时,LED处理组黄瓜的MDA含量是对照组的1.42倍,呈现显著性差异( $P<0.05$ ),在整个贮藏期间,对照组黄瓜的MDA含量波动幅度明显大于LED处理组,说明LED白光照射处理能有效延缓黄瓜细胞膜的成熟衰老,起到较好的保鲜效果。

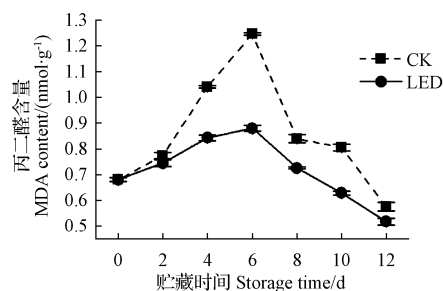


图4 LED白光处理对黄瓜丙二醛含量的影响

Fig. 4 Effect of white LED light irradiation on MDA content of cucumber

### 2.5 LED白光处理对黄瓜多酚氧化酶(PPO)活性的影响

植物组织感染病害或在其它逆境条件下造成伤害时,PPO活性能显著提高,起到保卫作用,同时PPO能够催化酚类物质生成醌,进而聚合成黑色素,造成果蔬组织的酶促褐变,是酶促褐变的关键酶。由图5可知,随着贮藏时间的延长,各试验组黄瓜的PPO活性呈现先上升后下降的趋势,对照组黄瓜的PPO活性在贮藏第6天时达到最大值,LED白光处理黄瓜的PPO活性在贮藏期第8天达到峰值,说明LED白光处理能够推迟黄瓜PPO活性高峰的到来。

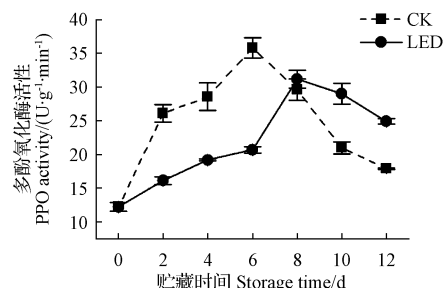


图5 LED白光处理对黄瓜多酚氧化酶活性的影响

Fig. 5 Effect of white LED light irradiation on PPO activity of cucumber

### 2.6 LED白光处理对黄瓜过氧化物酶(POD)活性的影响

POD催化植物组织中低浓度的 $H_2O_2$ ,是植物在逆境条件下酶促防御系统的关键酶之一,它与SOD、CAT

相互协调配合,清除过剩的自由基,使体内自由基基本维持在正常的动态水平<sup>[15]</sup>。由图 6 可知,随着贮藏时间的延长,各试验组黄瓜的 POD 活性呈现先上升后下降的趋势,对照组黄瓜的 POD 活性在贮藏第 4 天达到最大值,LED 白光处理黄瓜的 POD 活性在贮藏第 8 天达到峰值,说明 LED 白光处理能够推迟黄瓜 POD 活性高峰的到来。

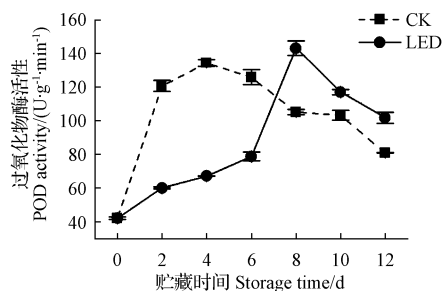


图 6 LED 白光处理对黄瓜过氧化物酶活性的影响

Fig. 6 Effect of white LED light irradiation on POD activity of cucumber

### 3 结论

该试验结果表明,LED 白光灯照射处理可有效维持黄瓜的感官品质,延缓其水分损失;除此之外,还能够较好地抑制黄瓜维生素 C 含量等营养物质的降解,延缓黄瓜 MDA 含量的上升,较好地保护黄瓜细胞膜的完整性;推迟黄瓜的 PPO、POD 活性高峰的到来。LED 灯照射处理对黄瓜的保鲜效果较为显著,相比于对照,能够延长其货架期 3~4 d。

#### 参考文献

- [1] QI H, DONG X, ZHAO Y, et al. ROS production in homogenate from the body wall of sea cucumber *Stichopus japonicus* under UVA irradiation: ESR spin-trapping study[J]. Food chemistry, 2016, 192: 358-362.
- [2] YU L, XUE C, CHANG Y, et al. Structure and rheological characteristics of fucoidan from sea cucumber *Apostichopus japonicus*[J]. Food chemistry, 2015, 180: 71-76.

- [3] ZHANG Y, ZHANG M, YANG H. Postharvest chitosan-g-salicylic acid application alleviates chilling injury and preserves cucumber fruit quality during cold storage[J]. Food chemistry, 2015, 174: 558-563.
- [4] 石亚中, 伍亚华, 许晖, 等. 怀远石榴皮提取液对黄瓜保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 335-338.
- [5] 纪淑娟, 齐谨宇, 魏宝东, 等. 电位水对黄瓜表面杀菌及常温货架期保鲜效果的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(12): 190-195.
- [6] MA G, ZHANG L, KATO M, et al. Effect of the combination of ethylene and red LED light irradiation on carotenoid accumulation and carotenogenic gene expression in the flavedo of citrus fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2015, 99: 99-104.
- [7] MA G, ZHANG L, SETIAWAN C K, et al. Effect of red and blue LED light irradiation on ascorbate content and expression of genes related to ascorbate metabolism in postharvest broccoli[J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 94: 97-103.
- [8] SEO J M, ARASU M V, KIM Y B, et al. Phenylalanine and LED lights enhance phenolic compound production in Tartary buckwheat sprouts[J]. Food chemistry, 2015, 177: 204-213.
- [9] BRAZAITYTĖ A, SAKALAUSKIENĖ S, SAMUOLIENĖ G, et al. The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens[J]. Food chemistry, 2015, 173: 600-606.
- [10] SAMUOLIENĖ G, SIRTAUTAS R, BRAZAITYTĖ A, et al. LED lighting and seasonality effects antioxidant properties of baby leaf lettuce[J]. Food Chemistry, 2012, 134(3): 1494-1499.
- [11] 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]. Sci Horticulture, 2014, 166: 1-8.
- [12] FAN X, SOKORAI K J B, ENGEMANN J, et al. Inactivation of *L. innocua*, *S. typhimurium* and *E. coli* O157:H7 on surface and stem scar areas of tomatoes using in-package ozonation[J]. J Food Prot, 2012, 75: 1611-1618.
- [13] 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.
- [14] LIU J, TIAN S, MENG X, et al. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit[J]. Postharvest Biol Technol, 2007, 44: 300-306.
- [15] ALI M B, HAHN E J, PAK K Y. Effects of temperature on oxidative stress defense systems, lipid peroxidation and lipoxygenase activity in *Phalaenopsis*[J]. Plant Physiol Biochem, 2005, 43: 213-223.

## Effect of LED on Storage Quality of Postharvest Cucumber

FAN Linlin, ZUO Jinhua, SHI Junyan, GAO Lipu, XIA Chunli, 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:** 'Yuanfeng No. 6' cucumber was used as material. Effect of LED on storage quality of postharvest cucumber by white LED and packed by 0.03 mm PE film and stored at room temperature were studied, to determine the effect of white LED on quality and storage of cucumber. The results indicated that white LED kept sensory quality, delaying the increase in weight loss and degradation of vitamin C content. Moreover, white LED could inhibit increase of MDA content, and delay the peak of POD, PPO activities.

**Keywords:** LED; cucumber; preservation