

文章编号:1002-2082(2009)05-0885-04

## He-Ne 激光辐照铁棍山药贮藏保鲜的研究

魏山城<sup>1</sup>, 许安涛<sup>2</sup>, 张瑞瑞<sup>1</sup>, 赵喜亭<sup>3</sup>, 周晓艳<sup>1</sup>

(1. 河南师范大学 物理与信息工程学院, 河南 新乡 453007; 2. 焦作师范高等专科学校 物理系, 河南 焦作 454001; 3. 河南师范大学 生命科学学院, 河南 新乡 453007)

**摘要:** 用工作波长 632.8 nm、功率为 2.5 mW 的 He-Ne 激光器辐照铁棍山药, 30 min 后, 其芦头芽萌发受抑, 山药茎含水量、可溶性总糖和可溶性蛋白含量分别从 70.203 9% 下降到 66.615 4 4%、从 72.213 25 mg · g<sup>-1</sup> 下降到 25.878 88 mg · g<sup>-1</sup>、从 508.539 4 μg · g<sup>-1</sup> 下降到 258.423 1 μg · g<sup>-1</sup>, 丙二醛 (MDA) 和超氧阴离子含量分别从 0.62 mmol · g<sup>-1</sup> 变为 8.033 122 mmol · g<sup>-1</sup>、从 32.997 13 μg · g<sup>-1</sup> 变为 35.536 42 μg · g<sup>-1</sup>, 贮藏前期的超氧化物歧化酶 (SOD) 活性从 494.864 U · g<sup>-1</sup> 变为 1 105.85 U · g<sup>-1</sup>, 贮藏后期的 SOD 活性从 1 105.85 U · g<sup>-1</sup> 变为 959.167 U · g<sup>-1</sup>。

**关键词:** 激光辐照; 铁棍山药; 贮藏品质; 膜脂过氧化

中图分类号: TN249

文献标志码: A

### Storage of Tiegun dioscorea opposita thunb by He-Ne laser irradiation

WEI Shan-cheng<sup>1</sup>, XU An-tao<sup>2</sup>, ZHANG Rui-rui<sup>1</sup>, ZHAO Xi-ting<sup>3</sup>, ZHOU Xiao-yan<sup>1</sup>

(1. College of Physics & Information Engineering, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China;  
2. Department of Physics, Jiaozuo Teachers College, Jiaozuo 454001, China;  
3. College of Life Science, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

**Abstract:** The Lo bud germination inhibition of Tiegun dioscorea opposita thunb occurred, the yam stem water content, total soluble sugar and soluble protein content respectively declined from 70.203 9% to 66.615 44%, from 72.213 25 mg · g<sup>-1</sup> to 25.878 88 mg · g<sup>-1</sup> and from 508.539 4 μg · g<sup>-1</sup> to 258.423 1 μg · g<sup>-1</sup>, and MDA and O<sub>2</sub> contents respectively increased from 0.62 mmol · g<sup>-1</sup> to 8.033 122 mmol · g<sup>-1</sup> and from 32.997 13 μg · g<sup>-1</sup> to 35.536 42 μg · g<sup>-1</sup> after it was irradiated by 2.5 mW He-Ne laser for 30 min. After the laser irradiation, the superoxide dismutase (SOD) activity of Tiegun dioscorea opposita thunb increased from 494.864 U · g<sup>-1</sup> to 1 105.85 U · g<sup>-1</sup> in the initial period of its storage and then declined from 1105.85 U · g<sup>-1</sup> to 959.167 U · g<sup>-1</sup>.

**Key words:** laser irradiation; Tiegun dioscorea opposita thunb; storage quality; lipid peroxidation

### 引言

通过对不同地区所产山药作有效成分分析以后, 认为铁棍山药是怀山药中的一个优良品种, 具有很高的营养价值和药用价值。其采后贮藏一般是

直接堆放在室内, 如此贮藏的怀山药在度过休眠期后很快便会萌芽, 消耗营养物质, 以致品质下降, 所以探索抑制萌芽和贮藏保鲜的措施是重要的<sup>[1]</sup>。利用辐照技术作为食品保鲜不仅方便快捷, 而且不存

收稿日期: 2008-12-14; 修回日期: 2009-05-05

作者简介: 魏山城(1952-), 男, 河南郑州人, 教授, 主要从事非线性光学和光纤传感器研究工作。E-mail: wsc@henannu.edu.cn

在化学残留和环境污染的问题,从而得到了广泛的应用<sup>[2]</sup>。

本文利用激光的特性,探索在相同光强、不同辐照时间下,激光辐照对铁棍山药贮藏过程中芽萌发的影响,以供贮藏保鲜。

## 1 材料选取及实验方法

### 1.1 材料选取

铁棍山药(*dioscorea opposita thumb cv tie-gun*)由河南省修武县农科所提供。采收后库存至次年2月初运回实验室,挑选无创伤、无病、无虫斑、大小一致的(长约500 mm,直径20 mm~30 mm)铁棍山药,用清水洗净表面泥土,自然晾干并随机分成4组。

### 1.2 实验装置

试验装置如图1所示:工作波长632.8 nm、功率为2.5 mW的氦氖激光器,转速可调的步进电机(20转/min)、支架、光具座、水平移动台、水平移动板等。



图1 试验装置

Fig. 1 Experimental setup

### 1.3 实验方法

用功率为2.5 mW的He-Ne激光器于室温(10℃左右)下分别辐照单根铁棍山药芦头10 min、15 min、30 min。将激光器固定放在水平移动板上,使激光器横向移动,匀速转动山药芦头,辐照后全部浸泡在1%的氯化钙溶液中进行保水处理15 min<sup>[3]</sup>,取出自然晾干,在12℃~15℃下暗室中贮藏。每隔15 d随机取样一次,对照未经激光器辐照的铁棍山药。

山药芦头萌芽率=(观测时芦头发芽的块茎数/总的块茎数)×100%。取20根块茎的平均值作为测量值,块茎含水量用烘干称重法<sup>[4]</sup>测定,可溶性总糖含量测定用蒽酮比色法<sup>[5]</sup>,可溶性蛋白含量测定用考马斯亮蓝法<sup>[6]</sup>,丙二醛(malon-dialdehyde, MDA)含量测定用硫代巴比妥酸(thiobarbituric

acid, TBA)法<sup>[7]</sup>,超氧阴离子(O<sub>2</sub><sup>-</sup>)含量测定采用羟氨氧化法<sup>[8]</sup>,超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)活性用改良的联苯三酚自氧化法<sup>[9]</sup>测定。在加入联苯三酚前加入待测SOD样液,酶活性按下列公式计算:酶活性(U/ml)=(1-A<sub>325nm</sub>/min÷0.070)×100%÷50%×反应液总体积×(样品稀释倍数÷样品体积)。水分按照GB/T14769-1993要求的方法检测;可溶性总糖按照GB/T6194-1986要求的方法检测;可溶性蛋白质按照GB/T14771-1993要求的方法检测;还原糖含量的测定按韩雅珊主编的《食品生化实验指导》中的蒽酮比色法进行。以葡萄糖作为标准样,吸光度与葡萄糖标准样含量符合 $y=0.100759x+0.100538$ 的直线关系( $r=0.9977$ , $x$ 为葡萄糖标准样含量)。样品取单根块茎,重复试3次。

## 2 结果与讨论

### 2.1 激光辐照对贮藏期间铁棍山药块茎芦头萌芽率的影响

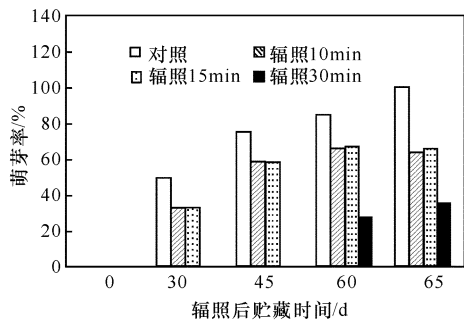
影响情况可从图2(a)看出,辐照后的贮藏期间,块茎芦头的萌芽率明显下降( $p=0.05$ , $p$ 值指的是邓肯氏新复极差分析在0.05水平上达显著水平),其中辐照30 min的萌芽率最低。

### 2.2 激光辐照对贮藏期间铁棍山药块茎含水量的影响

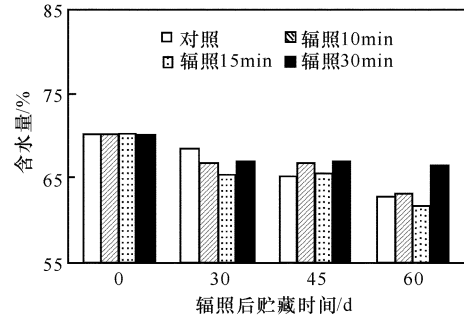
影响情况从图2(b)可以看出,辐照后的贮藏期间,起初含水量为70.2039%,铁棍山药块茎含水量呈下降趋势,其中后期下降速度低于未经辐照处理的块茎,尤其以辐照30 min的效果为最好。

### 2.3 激光辐照对铁棍山药块茎贮藏期间可溶性总糖和蛋白含量的影响

从图3可以看出:1)开始时可溶性总糖为 $2.46 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}(\text{DW})$ ,随着贮藏时间的延长,块茎中可溶性总糖的含量呈下降趋势。经辐照后块茎中可溶性总糖的含量下降速度低于未经辐照处理的块茎,且这种优势愈来愈明显;2)蛋白质含量起初为 $508.5394 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,随着贮藏时间的延长,块茎中可溶性蛋白含量也呈现逐渐下降趋势,但辐照后的块茎可溶性蛋白含量在贮藏期间能有效抑制块茎后期可溶性蛋白含量的下降,尤其以辐照30 min效果最佳,这与<sup>60</sup>CO~ $\gamma$ 射线辐照抑制生姜发芽和保持还原性糖含量的结果是一致的<sup>[10]</sup>。这



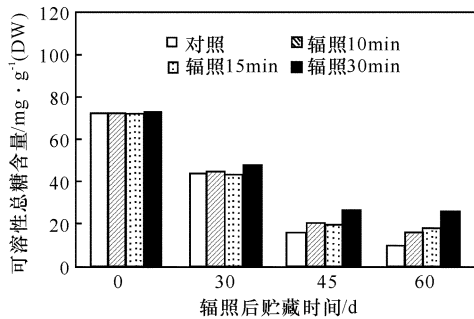
(a) 2.5 mW激光辐照对贮藏期间铁棍山药块茎芦头萌芽率的影响



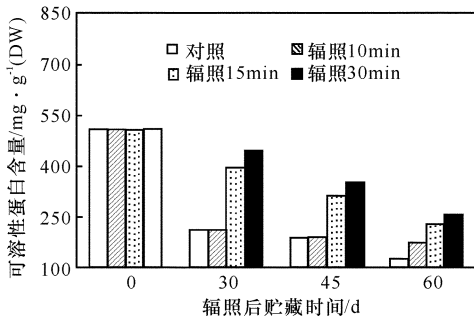
(b) 2.5 mW激光辐照对贮藏期间铁棍山药块茎含水量的影响

图2 2.5 mW 激光辐照对贮藏期间铁棍山药块茎芦头萌芽率和含水量的影响

Fig. 2 Influence of 2.5 mW laser irradiation on Lo bud germination and water content of Tiegun dioscorea opposita thunb in storage



(a) 激光辐照对可溶性总糖的影响



(b) 激光辐照对可溶性蛋白含量的影响

图3 2.5 mW 激光辐照对铁棍山药块茎贮藏期间可溶性总糖和可溶性蛋白含量的影响

Fig. 3 Influence of 2.5 mW laser irradiation on total soluble sugar and soluble protein content of Tiegun dioscorea opposita thunb in storage

些结果说明,He-Ne 激光辐照可抑制铁棍山药萌芽从而达到保持其贮藏品质。

#### 2.4 激光辐照对铁棍山药块茎贮藏期间膜脂过氧化的影响

由图4 可看出:在贮藏过程中,MDA 含量呈上升趋势。最初的内容为 $0.624 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 45 d 后上升幅度增大,但后期 MDA 的上升幅度有所降低,且辐照的时间越长抑制作用越明显。

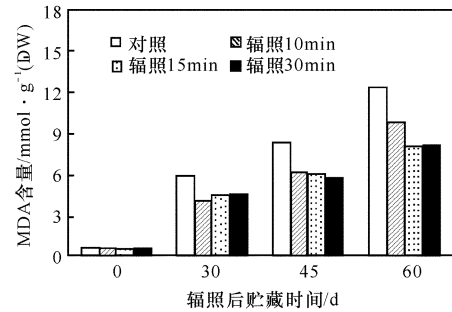
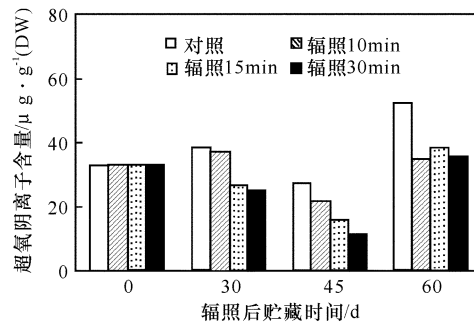


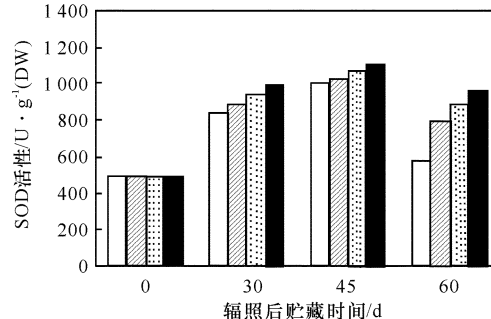
图4 2.5 mW 激光辐照对铁棍山药块茎贮藏期间MDA 含量的影响

Fig. 4 Influence of 2.5 mW laser irradiation on MDA content of Tiegun dioscorea opposita thunb in storage

由图5(a)可看出:贮藏期间,块茎中含量最初为 $32.997 \text{ } 13 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,其含量在30 d 之前升高,然



(a) 激光辐照对铁棍山药块茎 $\text{O}_2^-$ 含量的影响



(b) 激光辐照对铁棍山药块茎SOD活性的影响

图5 2.5 mW 激光辐照对贮藏期间铁棍山药块茎 $\text{O}_2^-$ 含量和SOD活性的影响

Fig. 5 Influence of 2.5 mW laser irradiation on  $\text{O}_2^-$  content and SOD activity of Tiegun dioscorea opposita thunb in storage

后下降,45 d 时降到最低,之后快速升高。

由图 5(b)可看出:贮藏期间,铁棍山药块茎 SOD 活性在贮藏至 45 d 前升高,45 d 时达到峰值,之后快速下降。这一现象与辐照 45 d 后和 MDA 升高的变化趋势相一致;且与未经辐照时相比,激光辐照后块茎中 SOD 活性始终都较高,说明 He-Ne 激光辐照能促进 SOD 活性,降低膜脂过氧化水平。

### 3 结束语

通过以上实验可以得出:激光器辐照铁棍山药后,其块茎含水量、可溶性总糖、可溶性蛋白含量、贮藏后期的 SOD 活性下降幅度均变小,拟制了丙二醛和含量的上升幅度,加快了贮藏前期 SOD 活性升高,大大降低了贮藏期间铁棍山药营养物质的消耗。此种方法具有操作方便、卫生、安全性高、不会在山药体内留有化学残留物等优点,有助于以后贮藏保鲜方面的研究。

#### 参考文献:

- [1] 李剑平, 陈冰泉. 漫射近似在测量生物组织光学性质中的适用范围[J]. 应用光学, 2007, 28(6): 756-759.  
LI Jian-ping, CHEN Bing-quan. Measurement of carbon content in coal with laser-induced breakdown spectroscopy[J]. Journal of Applied Optics, 2007, 28(6): 756-759. (in Chinese with an English abstract)
- [2] 陈殿华. 中国辐照食品的产业化发展[J]. 核农学报, 2004, 18(2): 81-88.  
CHEN Dian-hua. Industrialization development of food irradiation in China [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2004, 18(2): 81-88. (in Chinese with an English abstract)
- [3] 陈艳乐, 贾守菊, 肖化层, 等. 温州薯蕷贮藏期间生理生化指标的变化[J]. 河南科学, 2004, 22(3): 356-359.  
CHEN Yan-le, JIA Shou-ju, XIAO Hua-ceng, et al. Changes of biophysiological and biochemical indicators of dioscorea of Wenzhou during storage [J]. Henan Science, 2004, 22(3): 356-359. (in Chinese with an English abstract)
- [4] 高俊风. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司. 2000.  
GAO Jun-feng. Plant Physiology experimental technology [M]. Xi'an: World Book Publishing Company. 2000. (in Chinese with an English abstract)
- [5] 张宪政, 陈凤玉, 王荣富. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1994.  
ZHANG Xian-zheng, CHEN Feng-yu, WANG Rong-fu. Plant physiology experimental technology [M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Publishing Company. 1994. (in Chinese)
- [6] 王爱国, 罗广华. 植物的超氧化物自由基与羟氨反应的定量关系[J]. 植物生理学通讯, 1990, 26(6): 55-57.  
WANG Ai-guo, LUO Guang-hua. Superoxide free radical of plants and hydroxyl reaction of quantitative reaction [J]. Plant Physiology Aviso, 1990, 26(6): 55-57. (in Chinese with an English abstract)
- [7] 邓碧玉, 袁勤生, 李文杰. 改良的联苯三酚自氧化测定超氧化物歧化酶活性的方法[J]. 生物化学与生物物理进展, 1991, 18(2): 163-164.  
DENG Bi-yu, YUAN Qin-sheng, LI Wen-jie. The method of improved biphenyl triphenol autooxidation determines activity of superoxide dismutase [J]. Biochemistry and Biophysics Progress, 1991, 18(2): 163-164. (in Chinese without an English abstract)
- [8] 赵喜亭, 王会珍, 周娜, 等. CaCl<sub>2</sub> 对铁棍山药块茎采后几种与膜脂过氧化相关的生理指标的影响[J]. 植物生理学通讯, 2006, 42(6): 1077-1080.  
ZHAO Xi-ting, WANG Hui-zhen, ZHOU Na, et al. Effects of CaCl<sub>2</sub> on several physiological indexes related with membrane lipid peroxidation of postharvest yam (dioscorea opposita thunb. cv. tiegun)tuber [J]. Plant Physiology Communications, 2006, 42(6): 1077-1080. (in Chinese with an English abstract)
- [9] PÉREZ M B, AVELDANO M I, CROCI C A. Growth inhibition by gamma rays affects lipids and fatty acids in garlic sprouts during storage [J]. Postharvest Biol. Technol., 2007, 44(2): 122-130.
- [10] 王守经, 于子厚, 邹积万, 等. 辐照生姜的贮藏性研究[J]. 核农学报, 2004, 18(1): 26-29.  
WANG Shou-jing, YU Zi-hou, ZOU Ji-wan, et al. Study on the storage properties of irradiated ginger [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2004, 18(1): 26-29. (in Chinese with an English abstract)