

短波紫外线照射对韭菜采后贮藏品质及活性氧代谢相关酶的影响

郑 杨¹, 曹 敏², 申 琳¹, 生吉萍^{1,*}

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 首都师范大学生命科学学院, 北京 100048)

摘 要: 采用 1.7 kJ/m² 的短波紫外线(ultraviolet C, UV-C)辐照韭菜, 研究其对韭菜采后品质及活性氧代谢相关酶的影响。结果显示: 1.7 kJ/m² UV-C 处理能够显著降低韭菜的黄变率和腐烂率。贮藏过程中, UV-C 处理有效的延缓了韭菜叶绿素的降解, 在处理第 8 天, 紫外多次处理组降解了 19.47%, 对照组则降解了 30.53%; UV-C 处理后蛋白质, 总酚等营养物质的损失也不同程度的减少。UV-C 处理诱导了韭菜中过氧化氢酶(catalase, CAT)、过氧化物酶(peroxidase, POD)、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性的增加。结果表明 UV-C 处理为有效的韭菜保鲜方法。

关键词: 韭菜; 短波紫外线; 采后品质; 保鲜; 活性氧代谢相关酶

Effect of Ultraviolet C Irradiation on Post-Harvest Quality and Reactive Oxygen Species Metabolism-related Enzymes in Leeks

ZHENG Yang¹, CAO Min², SHEN Lin¹, SHENG Ji-ping^{1,*}

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. College of Life Science, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: Post-harvest quality and reactive oxygen species (ROS) metabolism-related enzyme activities were analyzed in postharvest leeks after exposure to a level of 1.7 kJ/m² UV-C (ultraviolet C) irradiation. This dose of UV-C irradiation significantly inhibited xanthochromia and rotting rate, and slowed the decline of chlorophyll in leeks, with only 19.47% of chlorophyll degraded in multiple UV-C irradiated leeks 8 days after treatment compared with 30.53% in the control. The losses of protein, total phenols and other nutrients were also reduced by the UV-C treatment. The activities of CAT, POD and SOD were higher in UV-C treated leeks than the control. In conclusion, the data obtained suggest that UV-C irradiation is a potential strategy to improve post-harvest quality of stored leeks.

Key words: leek; UV-C; post-harvest quality; storage; ROS metabolism-related enzymes

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)20-0307-05

叶菜类园艺产品由于含水量很高, 不耐贮藏, 在贮藏中容易引起品质下降, 如萎蔫、色泽风味变差和腐烂等现象。目前贮藏保鲜技术已经很多, 根据贮藏前杀菌方法的差异又可分为高压脉冲电场杀菌贮藏、超声波杀菌贮藏、紫外照射杀菌贮藏、辐照杀菌贮藏和臭氧杀菌贮藏等^[1]。长期以来人们一直把紫外线当成杀菌消毒手段之一, 然而近年的研究发现, 果蔬经过低剂量的短波紫外线(ultraviolet C, UV-C)照射后, 可明显提高贮藏期间的品质, 延缓其后熟衰老过程^[2]。国外

学者在这一领域已进行了诸多研究, 低剂量紫外线辐照可以延缓番茄和桃的成熟衰老^[3-4], 此外, UV-C 照射处理已被证明可以减少葡萄、草莓、柑橘、莲雾采后贮藏过程中的腐烂现象, 但是关于叶菜类的研究并不多见^[5-8]。

韭菜的食用部分是柔嫩的叶片, 含水量高, 同时叶片是同化器官, 呼吸和蒸腾作用旺盛, 收获后极易发生萎蔫、黄化和腐烂, 同时可供使用的幼嫩叶片表层的保护组织尚未发育完全, 所以耐贮性差, 保鲜困

收稿日期: 2010-12-30

基金项目: 国家自然科学基金项目面上项目(30571296; 30671471; 30972065)

作者简介: 郑杨(1984—), 女, 博士研究生, 主要从事果蔬采后生理与食品生物技术研究。E-mail: tomato0901@gmail.com

* 通信作者: 生吉萍(1967—), 女, 教授, 博士, 主要从事果蔬采后生理与生物技术研究。E-mail: pingshen@cau.edu.cn

难。据冯双庆等^[9]报道韭菜采后预冷速度和贮藏温度是保鲜的基础,采后 0℃ 预冷 1d 后加冰 0℃ 贮藏 7d,失水率为 0,腐烂率为 3.8%,而采后在 15℃ 条件下放置 1d 的韭菜只能在 0℃ 贮藏,且 7d 的腐烂率达 13%,同时叶尖端出现脱水的凹陷斑,产生异味。但是韭菜叶片营养丰富,特别是维生素、矿物质和纤维素含量高,对人类的健康具有十分重要的意义,是人们生活中不可缺少食物之一。由于韭菜生产的季节性和区域性都很强,一般为鲜食,很少加工,这样就对其贮运保鲜要求很高。目前国内仅在保鲜膜和低温延长韭菜贮藏时间方面有少量报道^[10-11],其他因素对韭菜贮藏的影响未见报道。本实验研究不同强度紫外照射处理,4℃ 条件韭菜的贮藏品质变化,为延长韭菜的贮藏期探索适宜的贮藏方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试韭菜为红根韭,又名北京铁丝苗,采于小汤山特菜基地。选取叶片饱满嫩绿,新鲜度大小基本一致的,无病虫害,无机械伤,未经风吹雨淋,株高约 35cm,生长期为 30d 的韭菜。

所用试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

高速台式冷冻离心机 20G 上海安亭科学仪器厂;UVIKON XL 型多功能紫外分光光度计 法国 Secomam 公司;-80℃ 超低温冰箱 海尔公司;恒温水浴锅 北京靖卫科学仪器厂;电子天平 北京赛多利斯天平有限公司;PB-10 型 pH 计 北京赛多利斯科学仪器有限公司;超净工作台 北京赛伯乐实验仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 韭菜处理方法

新鲜韭菜运回试验室后,摘去黄叶,均匀分成 3 组,每组质量约 2.5kg。分别为对照组,紫外单次照射组和紫外多次照射组,平放于套有透气保鲜膜的筐中。

1.3.2 紫外照射处理

紫外照射光源为石英紫外杀菌灯,长度为 88cm,直径 215cm。照射时果实距光源 20cm。用 ZQJ-254 型紫外线强度计测得距紫外灯 20cm 处的辐照度为 515W/m²。试验时根据所需的照射剂量确定照射时间,辐照强度 1.7kJ/m² 照射时间为 5min。紫外单次照射处理为一次照射 5min,紫外多次照射处理为采后每天均照射 5min,直至采样结束。取样时间分别为初次处理后的 0、1、3、5、8d,每次随机取样,取样量为 200g 左右,用液氮速冻后于 -80℃ 冰箱保存,用于生理指标的检测。

1.3.3 韭菜的黄变分级

韭菜的黄变分 5 个等级:5 级:新鲜没有颜色变化;4 级:轻微黄变;3 级:中度黄变;2 级:严重黄变;1 级:全部黄变。黄变率定义为品质下降到 3 及以下的韭菜数量占总数的百分比。

1.3.4 韭菜腐烂分级

等级评定标准:1 级:新鲜完好,无水渍或萎蔫,色泽、风味正常;2 级:轻微水渍或萎蔫,萎蔫率小于 1/4,色泽、风味稍差;3 级:有明显萎蔫,萎蔫率达 1/3,色泽、风味稍差;4 级:萎蔫率达 1/3~1/2,有变黄现象,色泽、风味较差;5 级:完全萎蔫,甚至腐烂,变黄严重,无法食用。

1.3.5 指标测定

叶绿素含量:参考朱广廉等^[12]方法测定;抗坏血酸含量:参考 McErlain 等^[13]方法测定;可溶性蛋白含量:参考 Bradford 等^[14]方法测定;总酚含量:参考 Pirie 等^[15]方法测定;花青素含量:参考 Weiss 等^[16]方法测定;黄酮含量:参考赵玉琪等^[17]方法测定;过氧化物还原酶(peroxidase, POD)活性:参考 Lurie 等^[18]的方法测定;超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性:采用对氮蓝四唑(NBT)法^[19]测定;过氧化氢酶(catalase, CAT)活性:参考曹健康等^[20]方法测定。

1.4 统计分析

每个指标均重复 3 次,应用 SPSS13.10 软件对所有数据进行方差分析(ANOVA),并利用邓肯氏多重比较(显著水平为 0.05)进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 紫外照射处理对采后韭菜外观品质的影响

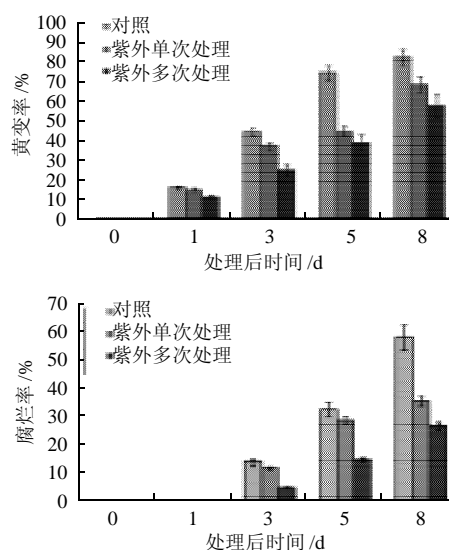


图1 紫外照射处理对采后韭菜黄变率和腐烂率的影响

Fig.1 Effects of UV-C on xanthochromia and rotting rate of post harvest leeks

黄变率和腐烂率是叶菜类重要的外观指标,从图1可以看出韭菜在采后贮藏过程中黄变率为处理组高于紫外单次处理组高于紫外多次处理组。处理后第1天,紫外单次处理和紫外多次处理腐烂率分别比对照组低6.25%和31.25%,差别最大出现在第5天,处理组分别比对照组低40%和48%。

腐烂率与黄变率呈类似变化,处理组从处理后第3天开始出现腐烂现象,到第5天紫外单次处理组和紫外多次处理组分别比对照组低12.12%和54.54%,到第8天分别比对照组低38.98%和54.24%。

2.2 紫外照射处理对采后韭菜营养成分的影响

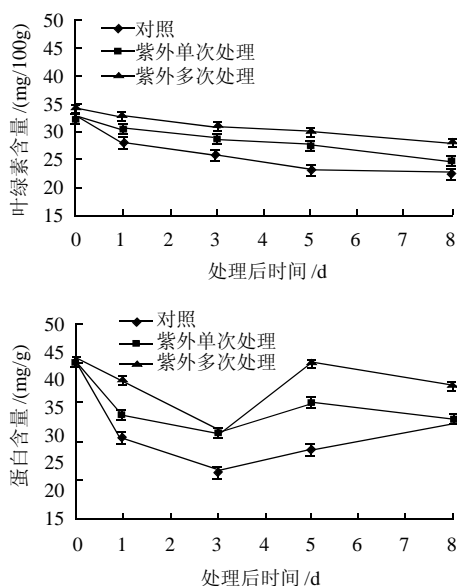


图2 紫外照射处理对采后韭菜叶绿素、蛋白质含量的影响

Fig.2 Effects of UV-C on chlorophyll and protein content in post harvest leeks

从图2可知,韭菜在采后贮藏过程中伴随着叶绿素的损失,处理组的叶绿素含量下降的速率低于处理组,且紫外多次处理组低于紫外单次处理组。到处理后第8天,紫外多次处理组叶绿素含量下降了19.47%,紫外单次处理组下降了24.4%,对照组则下降了30.53%。蛋白质含量的变化表现出与叶绿素含量类似的变化,在处理8d,紫外多次处理组,紫外单次处理组和对照组的蛋白质含量分别下降了30.83%,39.52%和39.88%。由此可知紫外处理可以减少贮藏过程中叶绿素和蛋白质的损失。

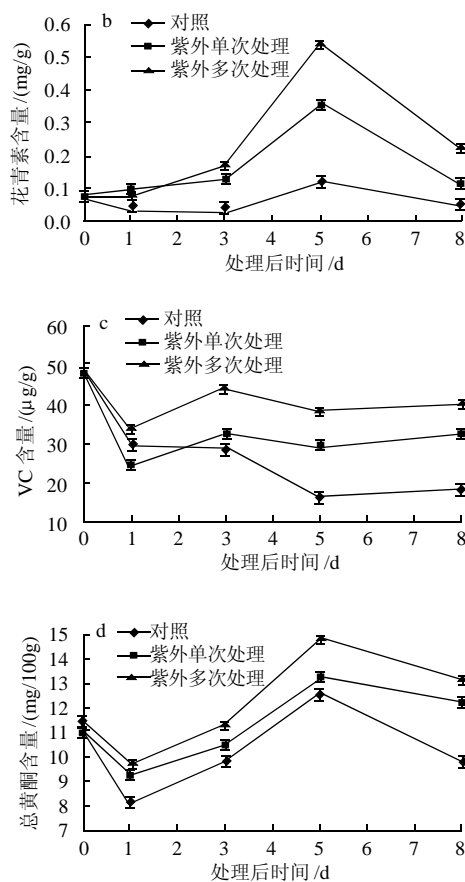
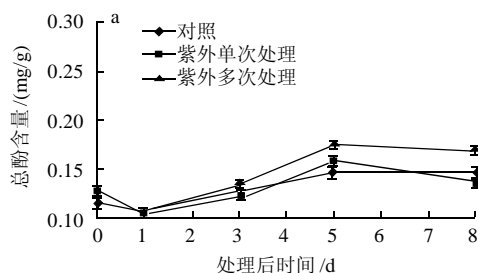


图3 紫外照射处理对采后韭菜总酚(a)、花青素(b)、VC(c)及总黄酮(d)含量的影响

Fig.3 Effects of UV-C on total phenols, anthocyanin, vitamin C and total flavone contents in post harvest leeks

由图3可知,紫外单次处理与对照组在总酚含量和花青素含量中的差异并不明显,但是紫外多次处理组总酚含量和花青素含量明显高于对照组。总酚含量的差异在贮藏后期表现比较明显,在第5天和第8天分别是对照组的1.19倍和1.16倍;花青素含量差别最大出现在处理后第5天,紫外多次处理组为对照组的4.68倍。

VC和黄酮也是韭菜中重要的营养物质,从图3可知,在韭菜采后贮藏过程中,这两种营养物质含量呈波动变化的趋势。紫外多次照射处理可以很好的减缓VC的损失,在贮藏后期第3、5、8天,VC含量分别是对照组的1.52、2.42倍和2.18倍;黄酮的含量在处理第1天出现了急剧下降,但是在后期贮藏过程中,黄酮的含量出现波动变化,紫外多次处理组的含量始终高于对照组。

2.3 紫外照射处理对采后韭菜活性氧代谢相关酶比活力的影响

紫外处理可以诱导过氧化物酶和过氧化氢酶比活力的上升,且紫外多次照射处理的诱导效果优于单次照射

处理。过氧化氢酶的比活力高峰出现在处理后第5天, 是对照组比活力的1.99倍。过氧化物酶比活力的高峰同样出现在处理后第5天, 其比活力比对照组高3.19倍。而对照组酶比活力在整个贮藏期间呈下降趋势。超氧化物歧化酶的比活力在紫外多次处理后呈先上升后下降的趋势, 对照组酶活在贮藏第1天后则呈下降趋势。这说明紫外处理能够诱导韭菜内活性氧代谢相关酶比活力的上升, 有利于清除体内活性氧, 维持活性氧代谢的平衡。

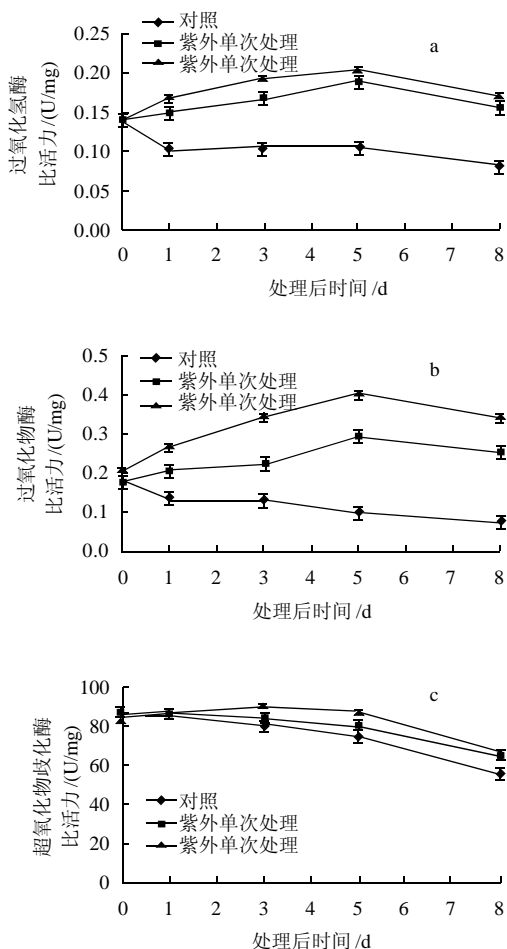


图4 紫外照射处理对采后韭菜比活力氧化代谢相关酶活性的影响
Fig.4 Effects of UV-C on the activities of ROS metabolism-related enzymes in post harvest leeks

3 讨论

紫外照射处理之后, 韭菜的贮藏品质和营养成分也得到了良好的保持。黄变率和腐烂率是叶菜类重要的外观指标。经过紫外照射处理后均有不同程度的下降, 这说明紫外照射处理能够有效的提高韭菜贮藏期间的外观品质。叶绿素含量的改变是叶片衰老的典型特征, 伴随叶片衰老, 组织中的叶绿素含量明显下降^[21]。本实验

发现紫外照射处理可以延缓韭菜叶片叶绿素含量的下降, 以紫外多次处理效果最为明显。衰老的另一表现是组织可溶性蛋白含量迅速下降, 净蛋白合成减少, 导致机体功能紊乱^[22]。本实验结果表明韭菜叶片衰老过程中蛋白质含量减少, 只要体现在处理后第1天, 贮藏后期变化不大, 而紫外照射处理能够抑制蛋白质降解。酚类物质是植物体内重要的抗氧化物质, 维生素C是叶绿体内重要的抗氧化剂, 同时也是采后衰老的标志性指标。通过对于这些物质的检测可以发现, 紫外照射处理能够有效地保持韭菜叶片中VC的含量, 延缓贮藏期间的损失; 同时可以在不同程度上提高酚类物质(包括总酚、花青素、黄酮类)的含量。

叶菜类采后衰老本质上是叶片的衰老, 其采后保鲜的实质是延缓叶片的衰老进程。在众多有关生物衰老的学说中, 自由基伤害学说引起人们广泛的重视。大量研究表明, 叶片的衰老与活性氧关系密切, 衰老是生物体内活性氧累积的结果^[23]。活性氧代谢失调是导致叶片衰老的重要因素。许多研究结果表明叶片衰老是活性氧代谢失调与活性氧清除酶活性降低有关^[24-25]。在植物体内SOD可将 O_2^- 歧化成 H_2O_2 和 O_2 , 然后由POD、CAT等分解成 H_2O , 从而缓解ROS伤害。本试验的结果表明紫外照射处理可以在不同程度上诱导活性氧代谢相关酶POD、SOD、CAT活性的上升, 这有利于活性氧的清除, 从而维持活性氧代谢的平衡, 延缓韭菜贮藏期间的叶片衰老, 这与自由基伤害学说是是一致的。随着研究的深入, 紫外线辐照将有可能成为减少果蔬采后腐烂, 延缓果蔬采后衰老的新技术。

紫外辐照是一种非电离辐射, 它只能穿透果蔬的表面组织。由于本实验中用作紫外线处理的辐照源仅为普通的紫外线杀菌灯, 而紫外灯照射已被作为一种有效地杀菌消毒手段而利用。此外, 紫外线辐照既不会在产品体内造成放射性或化学药物的积累, 又不会引起产品的软化^[26], 故操作更为简便、安全。有研究表明紫外照射会造成DNA损害, 但是可见光具有消除其损害, 恢复DNA功能的作用。荣瑞芬等^[3]实验表明, UV-C处理后暴露于可见光与不暴露可见光间的发病率无显著差异, 表明可见光虽然能够消除UV-C对DNA的损害, 不能消除UV-C延缓衰老、延缓着色以及控制病害的作用, 而UV-C诱导抗病、延缓衰老可能涉及到更为复杂的生理生化过程, 其机理还需要进行深入细致的研究。

另外, 不同的园艺产品对于紫外的耐受能力不同, 如葡萄柚、葡萄、柑橘、番茄的适宜照射剂量分别为 $1.6\sim 8.0$ 、 $0.1\sim 0.5$ 、 1.5 、 $3.6\sim 7.5$ kJ/m^2 ^[4-8], 而叶菜类的叶片相对浆果类果蔬的果实更为幼嫩, 对于紫外照射的耐受能力相对较弱, 在本试验中, $5 kJ/m^2$ 的UV-C照射剂量即会对韭菜叶片造成伤害, 在处理第1天即出

现变色萎蔫等现象。在番茄中的研究也表明 $6\text{kJ}/\text{m}^2$ 照射剂量处理后, 有些番茄表面出现少量针点状褐斑^[3]。因此, 在应用 UV-C 处理不同果蔬时, 应注意筛选最佳的作用剂量, 以达到最佳处理效果。

参考文献:

- [1] 纪振, 乔振先. 高新技术在保鲜贮藏领域中的运用[J]. 安徽农业学报, 2003, 31(2): 238-240.
- [2] 毕阳. 采后短波紫外线照射对果蔬腐烂的控制[J]. 食品科学, 1996, 17(12): 58-61.
- [3] 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, 2001, 6(1): 68-73
- [4] 荣瑞芬, 郭堃, 刘京萍, 等. 采后 UV-C 处理对桃果抗病性和品质的影响[J]. 食品科技, 2008, 33(1): 230-234.
- [5] 蒋志刚, 励建荣, 于平, 等. 辐照技术在果蔬保鲜中的应用研究进展[J]. 食品与机械, 2001, 19(1): 6-8
- [6] 郑瑞伦, 吴兴源, 刘昌信. 紫外辐照对柑桔电学频率特性等参量的影响[J]. 生物化学与生物物理进展, 1992, 19(3): 233-235
- [7] 吴兴源. 紫外线辐射对柑桔过氧化物酶活性和电频率特性的影响[J]. 植物学通报, 1998, 15(1): 72-75
- [8] 李天略, 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.
- [9] 冯双庆, 于樑. 韭菜运输条件的模拟实验[J]. 中国蔬菜, 1991(4): 15-18.
- [10] 侯建设, 李中华, 王建林. 韭菜薄膜包装的冷藏效果[J]. 中国蔬菜, 2003(1): 12-13.
- [11] 马树彬, 陈中府, 孟慧琴, 等. 不同贮藏方式对韭菜商品性状的霾[J]. 河南农业科学, 2001(2): 19.
- [12] 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 植物生理学试验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 43-44.
- [13] MCERLAIN L, MARSON H, AINSWORTH P, et al. Ascorbic acid loss in vegetables: adequacy of a hospital cook-chill system[J]. Int J Food Sci, 2001, 52(3): 205-211.
- [14] BRADFORD M M. A rapid and sensitive methods for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding[J]. Anal Biochem, 1976, 72: 248-254.
- [15] PIRIE A, MULLINS M G. Changes in anthocyanin and phenolic content of grapevine leaf and fruit tissue treated with sucrose, nitrate and abscisic acid[J]. Plant Physiol, 1976, 58(4): 468-472.
- [16] WEISS D, HALEVY A H. Stamens and gibberellin in the regulation of corolla pigmentation and growth in *Petunia hybrida*[J]. Planta, 1989, 179(1): 89-96.
- [17] 赵玉琪, 殷丽君. 沙棘叶黄酮的提取及其对抗氧化性的影响[J]. 食品工业科技, 2006, 27(4): 71-75.
- [18] LURIE S, FALLIK E, HANDROS A, et al. The possible involvement of peroxidase in resistance to *Botrytis cinerea* in heat treated tomato fruit [J]. Physiol Mol Plant Pathol, 1997, 50(3): 141-149.
- [19] CONSTANTINE N G, STANLEY K R. Superoxide dismutases[J]. Plant Physiol, 1977, 59: 309-314.
- [20] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化试验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 120-122.
- [21] 梁颖. KT-30 对离体水稻叶片衰老进程的影响[J]. 西南农业学报, 2002, 15(3): 53-56.
- [22] WKA E S, KAROLEWSKI P, NIEWIADOMSKA E. Antioxidative response of *Mesembryanthemum crystallinum* plants to exogenous SO_2 application[J]. Plant Sc, 2007, 172(1): 276-284.
- [23] 方允中, 郑荣梁. 自由基生物学的理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 122-131.
- [24] 沈文飏, 叶茂柄, 徐朗莱, 等. 小麦旗叶自然衰老过程中清除活性氧能力的变化[J]. 植物学报, 1997, 39(7): 634-640.
- [25] BORREL A, CARBONELL L, FARRAS R, et al. Polyamines inhibit lipid peroxidation in senescing oat leaves[J]. Plant Physiol, 1997, 99(3): 385-390.
- [26] LU J Y, WHITE S, YAKUBU P, et al. Effect of gamma radiation on nutritive and sensory qualities of sweet potatoes storage roots[J]. J Food Qual, 1987, 9(6):425-435.