



酸性功能水处理不同时间对青椒保鲜效果的影响

张誉丹^{1,2}, 牛晓峰^{2,3}, 王 愈^{1,2*}

(1.山西农业大学食品科学与工程学院, 晋中 030801; 2.山西省农畜产品加工研究生教育创新中心, 晋中 030801; 3.太原六味斋实业有限公司, 太原 030000)

摘要: 为了探究酸性功能水不同处理时间对青椒保鲜效果的影响, 以青椒为试材, 分别用3%氯化钠电解的酸性功能水浸泡不同时间(以无处理为对照), 在(14±1)℃的条件下贮藏30 d, 测定贮藏过程中青椒的感官品质以及生理生化指标。试验结果表明, 经3%氯化钠电解的酸性功能水(氧化还原电位(1075±2) mV、pH2.677、有效氯浓度106.4 mg/L)处理20 min能够显著地抑制青椒呼吸强度, 提高自由基清除酶SOD、POD活性, 从而有效地保持了青椒的硬度, 并大大减轻了腐烂, 抑制了转红的速率, 延长了青椒的贮藏期, 保证了青椒的感官品质。

关键词: 酸性功能水, 处理时间, 青椒, 保鲜

中图分类号: TS 255.3

文献标志码: A

文章编号: 1005-9989(2016)10-0046-06

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2016.10.013

Effect of different acidic functional water treatment time for preservation of green peppers

ZHANG Yu-dan^{1,2}, NIU Xiao-feng^{2,3}, WANG Yu^{1,2*}

(1.College of Food Science and Engineering, Shanxi Agricultural University, Jinzhong

收稿日期: 2016-05-25

*通讯作者

基金项目: 山西省科技攻关计划项目(20150311020-1)。

作者简介: 张誉丹(1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。

- interacting with abscisic acid in stomatal regulation responses to drought stress in Arabidopsis[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2013, 62: 41-46
- [15] Anastasis C, George A M, Ioannis P, et al. Hydrogen sulfide induces systemic tolerance to salinity and non-ionic osmotic stress in strawberry plants through modification of reactive species biosynthesis and transcriptional regulation of multiple defence pathways[J]. Journal of Experimental Botany, 2013, (7): 1953-1966
- [16] Avallone S, Guiraud J P, Brillouet J M, et al. Enzymatic browning and biochemical alterations in black spots of pineapple [Ananas comosus (L) Merr.][J]. Current Microbiology, 2003, 47: 113-118
- [17] Venisse J S, Malnoy M, Faize M, et al. Modulation of defenses of Malus spp. during compatible and incompatible interactions with Erwinia amylovora[J]. Mol Plant-Microbe Inter, 2002, (15): 1204-1212
- [18] 马杰, 胡文忠, 毕阳, 等. 茉莉酸甲酯处理对鲜切莴苣和甘蓝苯丙烷代谢的影响[J]. 食品工业科技, 2013, (07): 333-335, 339
- [19] Appel H M. Phenolics in ecological interaction: The importance of oxidation[J]. Journal of Chemical Ecology, 1993, (19): 1521-1552
- [20] 孟宪军, 姜爱丽, 胡文忠, 等. 箱式气调贮藏对采后蓝莓生理生化变化的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(9): 379-383

030801; 2.Agricultural and Livestock Products Processing Postgraduate Education Innovation Center of Shanxi Province, Jizhong 030801; 3.Taiyuan Liuweizhai Industrial Company, Taiyuan 030000)

Abstract: To explore the effect of different acidic functional water treatment time for preservation of green peppers, green peppers as test materials, were immersed at different times (with no treatment as a control) with 3% sodium chloride electrolysis acidic functional water, in the $(14\pm 1)^\circ\text{C}$ storage 30 d under conditions determined sensory quality during storage as well as physiological and biochemical indices of green pepper. Experimental results show that the 3% sodium chloride electrolysis acidic functional water (oxidation-reduction potential (1075 ± 2) mV, pH 2.677, chlorine concentration 106.4 mg/L) for 20 min can significantly inhibit peppers respiration rate, increase free radical scavenging enzymes SOD, POD activity, so as to effectively maintain the hardness of the green pepper, and greatly reduce the decay rate is suppressed turn red peppers, extend the storage period to ensure that the sensory quality of green pepper. The acidic water 3% calcium chloride treatment is better than the acidic water.

Key words: acidic functional water; CaCl_2 ; green pepper; preservation

青椒(*Caprigum amtuum* L.)颜色翠绿鲜艳、营养丰富,含多种维生素、糖类、蛋白质以及矿物质,具有温中下气、开胃消食、散寒除湿的作用,是一种颇受人们喜爱的蔬菜^[1-2]。青椒属冷敏性蔬菜,果实自然贮藏易失水萎蔫、后熟转红直至腐烂变质,失去其商品价值和食用价值^[3]。近年来,随着人们对不同风味果蔬鲜食的需求,青椒的需求量越来越大,但其生产季节性较强,上市较集中,使得市场供应淡旺季矛盾较为突出,生产旺季供过于求,腐烂损失严重,淡季供不应求,价格居高不下,难以满足人们的需要。目前,青椒采后处理保鲜技术研究多集中于低温贮藏、贮前热处理、涂膜保鲜、薄膜包装、1-甲基环丙烯(1-MCP)处理、高压静电场处理、 ClO_2 处理以及中草药提取液浸泡处理等^[4-6]。

电生功能水又称电解水或离子水,是通过电解添加了少量食盐的水生成的一种高效低毒的消毒杀菌剂,对多种细菌和霉菌均有杀灭效果^[7]。该水经急性口投毒性试验和细胞毒性试验、染色体异常试验均表现了较高的安全性^[8],且电生功能水中的有效成分极易分解,残留极低,对环境几乎没有污染,所以电生功能水是一种无毒、无残留的理想杀菌剂。

本试验以3%氯化钠电解的酸性功能水对青椒进行保鲜试验,研究最佳的处理时间。

1 材料与方法

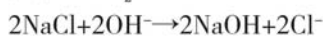
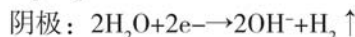
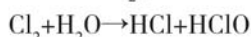
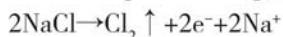
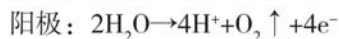
1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂 供试的青椒:市售,挑选大小均一,无病虫害、无机械伤、成熟度大体一致的果实作为供试样品;聚乙烯吡咯烷酮(PVPP):天津市恒兴化学试剂制造有限公司;聚乙二醇辛基苯基醚(Triton X-100)、愈创木酚:分析纯,天津市登峰化学试剂厂;三氯乙酸(TCA):分析纯,天津市天力化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备 XY-L-150型电生功能灭菌水生成器:宝鸡新宇光机电有限责任公司;TMS-PRO型质构仪:美国FTC公司;5424R高速冷冻离心机:德国Eppendorf公司;WFJ2000可见分光光度计:尤尼柯(上海)仪器有限公司。

1.2 试验处理方法

1.2.1 电生功能水的原理与制备 原理:将电极两端施加直流电压,稀盐溶液中的负离子(如氯离子和氢氧根离子)移动到阳极失去电子,形成氧气、氯气、次氯酸根离子、次氯酸和盐酸,而带正电的离子(如氢离子和钠离子)移动到阴极获得电子,形成氢气和氢氧化钠,反应式如下^[11-12]:



使用电生功能灭菌水生成器制备功能水,在电解槽中加入3%的氯化钠电解得到pH为2.677、氧化还原电位为 (1075 ± 20) mV、有效氯浓度为106.4 mg/L的酸性功能水。

1.2.2 处理方法 将挑选后的青椒随机分为4组，每组100个，分别进行如下处理。

对照组：未做任何处理；

10 min：将挑选好的青椒浸入酸性功能水中10 min，捞出冷风吹干；

20 min：将挑选好的青椒浸入酸性功能水中20 min，捞出冷风吹干；

30 min：将挑选好的青椒浸入酸性功能水中30 min，捞出冷风吹干；

处理吹干后的青椒分别分装于PE保鲜袋中，每个处理设3个重复，然后置于 (14 ± 1) ℃冰箱中贮藏30 d。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 失重率 失重率(%)=(贮藏前质量-贮藏后质量)/贮藏前质量 $\times 100$ 。

1.3.2 感官评分标准 分别邀请10名具有一定品评经验的人组成评定小组，对各试验组的青椒进行打分，取平均值。总分40分，评分标准参考胡云峰^[13]的方法略作修改。

表1 青椒感官评价表

感官指标	I级(9~10分)	II级(7~8分)	III级(5~6分)	IV级(2~4)
色泽	鲜绿色，表面光泽	暗绿色，表面较光泽	淡黄色，表面稍暗	红色，出现烂斑
组织状态	饱满有脆性	稍有皱皮，脆性较好	表面凹陷，软绵	表面明显凹陷软烂
腐烂	无腐烂	1~3个烂斑	部分软烂	软烂面积达一半以上
气味	青椒特有的气味	无异味	轻微异味	严重异味

1.3.3 转红指数 按下式计算转红指数：

$$Y=(\sum(A \times \text{转红级数}))/B \times 4$$

式中：Y为转红指数；

A为相对转红级数的果实个数；

B为果实的总数量。

转红级数分为4级：0级为绿果，无红斑；1级为轻微转红，有红斑；2级为轻度转红，转红面积小于1/3；3级为转红面积在1/3~2/3；4级为重度转红，转红面积大于2/3。

1.3.4 硬度 采用蒋伟^[14]的方法略做修改 使用质构仪测定，探头直径4 mm，力量感应元量程1000 N，探头回升高度10 mm，挤压距离3 mm，检测速度90 mm/min，起始力0.4 N，2次压缩测试之间的停留时间3 s，测试后速度200 mm/min。将青椒切开选择平整均匀的地方从内向外进行挤压，每组样品任意选5个点测其硬度，取平均值。

1.3.5 其他测定项目和方法 呼吸强度：静置法^[16]。相对电导率的测定参考刘成红^[17]的方法。SOD酶活性、POD酶活性、MDA含量均参考曹建康^[16]的测定方法。

1.3.6 结果统计 数据处理采用Microsoft Excel2010软件进行分析，并计算标准误差($\pm$ SE)。采用Excel2010进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 酸性功能水处理不同时间对青椒失重率的影响

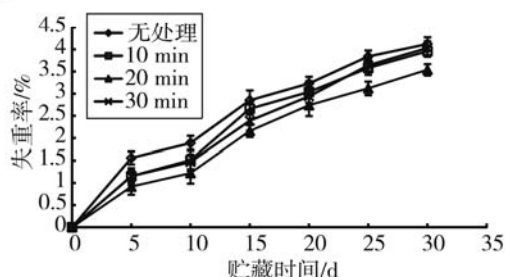


图1 酸性功能水处理不同时间对青椒失重率的影响

失重率是衡量果蔬保鲜效果的重要指标之一。失重是指果蔬在采后质量的损失，主要包括水分蒸发和呼吸消耗。由图1可知，对照组青椒采后失重较快，到贮藏第30天，失重率达4.52%，酸性水处理不同时间对青椒的失重有一定的抑制作用，其中酸性水浸泡20 min处理效果最为明显，到贮藏第30天青椒的失重率只有3.54%，比对照组降低了21.68%，显著($P < 0.05$)低于对照组，10 min处理组和30 min处理组分别比对照组降低了12.39%和10.84%，二者无显著差异($P > 0.05$)。酸性功能水处理不同时间都能较好地减少青椒的失重，可能是由于酸性功能水对酶活以及呼吸产生抑制，从而降低代谢，减少失重。

2.2 酸性功能水处理不同时间对青椒转红指数的影响

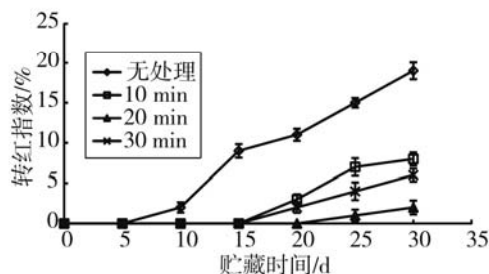


图2 酸性功能水处理不同时间对青椒转红指数的影响

由图2可知，青椒在贮藏的过程中逐渐后熟转红。转红指数呈上升的趋势，与对照组相比，酸性水处理不同时间都能够显著($P < 0.05$)抑制青

椒的转红速率,从而延缓青椒的衰老,延长贮藏期。其中对照组青椒在贮藏第10天就出现转红,到贮藏末期,青椒的转红指数达到19%,而经酸性水处理10 min和30 min的青椒在贮藏第20天才出现转红,比对照组推迟了10 d,效果最好的是酸性水处理20 min的青椒,在贮藏第25天才开始转红,且到贮藏末期青椒的转红指数只有2%,比对照组降低了89.47%,显著抑制了青椒的后熟转红,从而延缓了衰老。

2.3 酸性功能水处理不同时间对青椒腐烂指数的影响

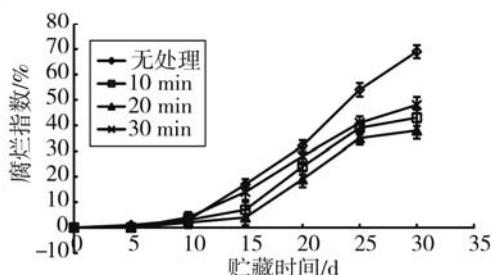


图3 酸性功能水处理不同时间对青椒腐烂指数的影响

青椒在整个贮藏过程中腐烂指数逐渐增加,导致商品价值降低。由图3可知,到贮藏第30天,对照组青椒严重腐烂,腐烂指数达到69%,大部分已失去商品价值。而酸性功能水处理不同时间能够不同程度地抑制青椒腐烂指数的上升,到贮藏30 d,10 min处理组、20 min处理组、30 min处理组青椒的腐烂指数分别为43%、38%、48%,相较于对照组分别降低了37.68%、44.93%、30.43%,3个处理组均显著地抑制了($P<0.05$)青椒腐烂的速率。在贮藏初期各处理均能较好地保持较高的好果率,到贮藏后期腐烂指数迅速上升,这可能与青椒腐烂的交叉感染有关,一旦有腐烂的青椒出现,会加速保鲜袋中其他青椒迅速感染腐烂。

2.4 酸性功能水处理不同时间对青椒硬度的影响

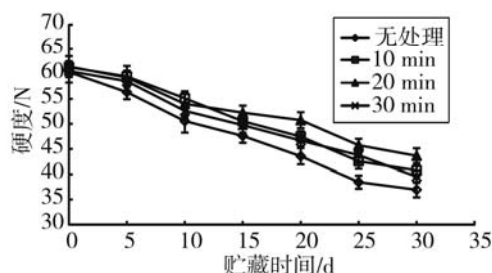


图4 酸性功能水处理不同时间对青椒硬度的影响

青椒的硬度是衡量青椒自身特性和果实品质好坏的关键指标之一。从图4可以看出,对照组青

椒的硬度迅速下降,很快就变软腐烂,失去商品价值,而酸性功能水处理不同时间组青椒果实的硬度下降速率均较为缓慢,且其硬度均显著($P<0.05$)高于对照组硬度。以贮藏期为30 d观测,对照组青椒的硬度下降了42.09%,10、20、30 min处理组青椒的硬度分别下降了33.57%、28.97%、34.71%。由此可见,酸性功能水处理不同时间均能起到保持青椒硬度延缓软化的作用,其中处理20 min效果最为明显,10 min处理组和30 min处理组之间并无显著的差异($P>0.05$)。

2.5 酸性功能水处理不同时间对青椒呼吸强度的影响

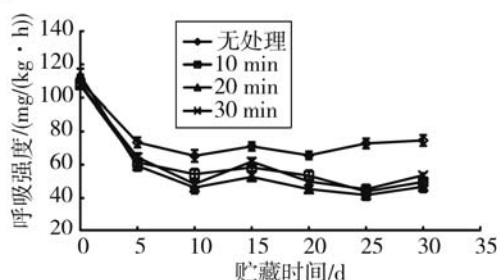


图5 酸性功能水处理不同时间对青椒呼吸强度的影响

抑制呼吸,减少营养物质的消耗是果蔬贮藏的基本原理之一。由图5可知,在整个贮存过程中,青椒的呼吸强度呈逐渐下降的趋势,属于呼吸非跃变型果实。从整个贮藏过程来看,酸性功能水处理不同时间处理组青椒的呼吸强度均低于对照组,显著地($P<0.05$)抑制了青椒的呼吸,延缓衰老,其中酸性功能水处理20 min的抑制效果优于10 min和30 min处理。各处理组在贮藏25 d以后呼吸强度呈上升趋势,可能是由于青椒贮藏后期出现腐烂的原因。

2.6 酸性功能水处理不同时间对青椒相对电导率的影响

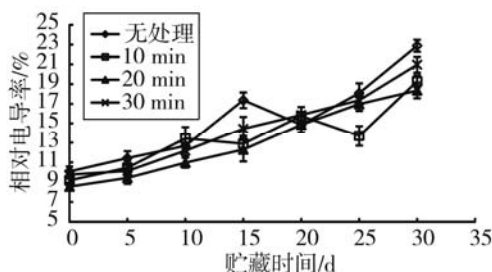


图6 酸性功能水处理不同时间对青椒相对电导率的影响

在植物组织细胞的代谢过程中,相对电导率的高低反映了细胞膜的完整性和稳定性,是判断果蔬新鲜程度的一个重要指标。其值越大,说明细胞膜完整性遭到破坏的程度就越大,细胞膜受

害程度越严重。由图6可以看出,随着贮藏时间的延长,4个处理组的相对电导率呈逐渐上升的趋势,其中对照组的相对电导率变化最大,从第0天的10.08%增加到第30天的22.89%,而酸性功能水处理不同时间组青椒在贮藏第30天的相对电导率分别为19.28%、18.35%、20.96%,相较于对照组分别降低了15.77%、19.83%、8.43%。试验结果表明,酸性功能水处理不同时间能不同程度地抑制青椒相对电导率的升高,减少细胞膜的破坏,其中处理20 min组效果最好。

2.7 酸性功能水处理不同时间对青椒SOD酶活性的影响

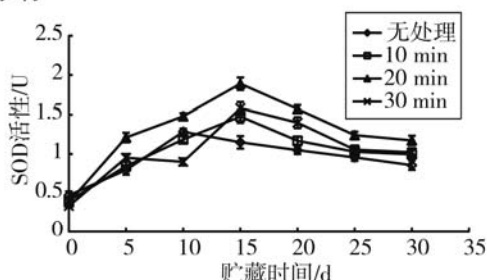


图7 酸性功能水处理不同时间对青椒SOD酶活性的影响

超氧化物歧化酶(SOD)普遍存在于动植物体内,可以清除体内的超氧自由基,减少自由基对细胞膜的损伤,从而延缓细胞衰老^[18]。由图7可以看出,在整个贮藏过程中,青椒中SOD酶活性呈现先上升后下降的趋势,出现这种现象的原因是青椒在贮藏过程中,活性氧代谢加快,SOD活性有所提高以提高果实抗逆性,抑制活性氧等有害代谢产物的积累,到贮藏后期果实衰老腐烂,SOD酶活性逐渐下降。由图中可知,对照组的SOD酶活性一直处于较低的水平,而酸性功能水不同时间处理组青椒的SOD酶活性均高于对照组,且不同时间处理组青椒的SOD酶活性高峰都出现在贮藏第15天,较对照组推迟了5 d,且峰值均高于对照组,明显($P < 0.05$)提高了SOD酶活,延缓青椒的衰老腐败,其中酸性功能水处理20 min效果最佳。

2.8 酸性功能水处理不同时间对青椒POD酶活性的影响

过氧化物酶是果蔬体内普遍存在的重要氧化还原酶之一,与果蔬体内大多数生理代谢活动有着密切联系。由图8可知,在整个贮藏过程中,青椒的POD酶活性呈先上升后下降的趋势,在贮藏末期又稍有回升。从图中可以看出,对照组POD酶活性一直保持在较低的水平,酸性功能水处理

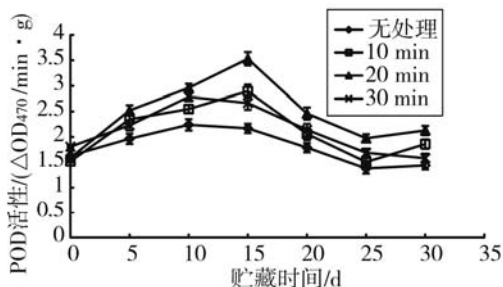


图8 酸性功能水处理不同时间对青椒POD酶活性的影响
不同时间青椒的POD酶活性均高于对照组,且酸性功能水处理20、10 min的活性高峰出现在贮藏第15天,峰值分别为3.58、2.895 $\Delta OD_{470}/\text{min} \cdot \text{g}$,相较于对照组推迟了5 d且峰值相应增加了36.54%和22.62%,显著($P < 0.05$)高于对照组,而30 min处理组活性高峰虽然同对照组一样出现在贮藏第10天,但是峰值却高于对照组19.54%,因此酸性功能水处理不同时间可以不同程度的减弱青椒膜脂过氧化作用,延缓青椒的衰老,其中酸性功能水处理20 min效果最好。

2.9 酸性功能水处理不同时间对青椒PPO酶活性的影响

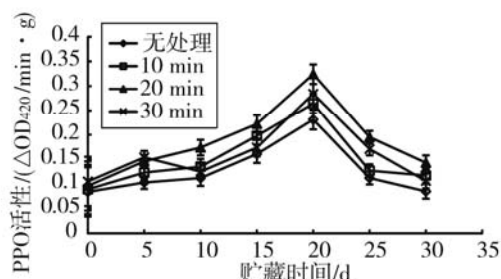


图9 酸性功能水处理不同时间对青椒PPO酶活性的影响

多酚氧化酶(PPO)作为一种防御酶,在植物的抗病性机制中发挥重要的作用^[19]。由图9可以看出,在青椒整个贮藏过程中,POD酶活性含量呈现先上升后下降的趋势,对照组青椒中的PPO酶活性一直保持在较低的水平,且在活性高峰的峰值为0.231 $\Delta OD_{420}/\text{min} \cdot \text{g}$,而酸性功能水不同时间处理组青椒的酶活性相较于对照组保持在较高的水平,且10、20、30 min处理组的峰值分别为0.264、0.324、0.284 $\Delta OD_{420}/\text{min} \cdot \text{g}$,相较于对照组分别提高了14.28%、40.26%、22.94%。试验说明,较对照组来说,酸性功能水处理不同时间均能够增强青椒PPO活性,延缓青椒果实的成熟衰老,其中酸性功能水处理20 min效果最好。

3 讨论

用酸性水处理青椒能够延缓青椒硬度、呼吸



强度的下降,明显抑制青椒失重率、腐烂指数、转红指数的上升,另外自由基清除酶SOD、POD活性显著提高,进而有效地抑制了青椒在采后贮藏过程中的衰老,延长货架期。结合相关资料,可以认为酸性水能达到如此良好的保鲜效果与其具有低pH值、高氧化还原电位及一定的有效氯浓度密切相关,通过酸性水浸泡可能改变了青椒表面细胞的细胞膜电位及氢离子浓度,从而影响了代谢物质的运输并抑制了细胞内酶的活性,进而延缓了细胞的代谢速度,起到了保鲜的作用。

酸性功能水处理不同时间对青椒的保鲜效果存在一定的差异性。保鲜效果与处理时间并不成正比关系,挑选合适的处理时间对延长青椒的贮藏期有很重要的影响。处理20 min时间能够很好地改变青椒表面的细胞膜,能够抑制细胞内酶的活性,从而对青椒起到很好的保鲜作用,延长货架期,保持良好地感官品质。而10 min处理时间太短,不能很好的发挥功能水的作用,30 min处理时间太长,影响了青椒的细胞结构,造成严重的腐烂变软。

4 结论

本试验以青椒为试材,研究(14±1)℃的贮藏条件下,3%氯化钠电解的酸性功能水处理不同时间对青椒保鲜效果的影响。试验结果表明:酸性功能水处理时间不同,对青椒的保鲜效果也不同。经3%氯化钠电解的酸性功能水(氧化还原电位(1075±2) mV、pH2.677、有效氯浓度106.4 mg/L)浸泡处理20 min能够显著抑制青椒的呼吸强度,提高果实自由基清除酶SOD、POD活性,从而有效的保持了青椒的硬度,并大大减轻了腐烂,抑制了转红速率,延长了青椒的贮藏期,保证了青椒的感官品质。为今后青椒的贮藏保鲜提供了技术支持。

参考文献:

- [1] 张会丽.青椒采后生理及贮藏技术研究[D].河南农业大学,2008
- [2] 万文韬.翡红翠绿话辣椒[J].食品与健康,2006,(10):23-25
- [3] 傅茂润,杜金华,李苗苗,等.C102对青椒采后生理的影响[J].食品与发酵工业,2005,31(10):155-157
- [4] 孙海燕,陈丽,刘兴华,等.1-MCP处理对青椒贮藏生理的影响[J].食品科技,2006,(3):122-125
- [5] 孙贵宝,刘铁玲,等.高压静电场处理对青椒鲜度保持的影响[J].农机化研究,2007,(3):134-138
- [6] 闫世杰,梁丽雅,郑伟.中草药提取液贮藏青椒试验[J].食品科学,2002,23(3):138-140
- [7] 李里特,刘海杰.酸性离子水的消毒效果[J].中国农业大学学报,2000,5(2):104-106
- [8] 编辑部.电解水生成装置开发动向[J].食品开发,1997,33(3):20
- [9] 李正国,罗爱民,留勤晋.钙处理对水蜜桃果实成熟的影响[J].食品科学,2000,21(7):15-16
- [10] 阮燕晔,胡美荣,樊金娟,等.浸钙处理对切分哈密瓜的保鲜效应[J].安徽农业科学,2006,34(22):5954-5955
- [11] HSU S Y. Effects of flow rate, temperature and salt concentration on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water[J]. Journal of Food Engineering,2005,66(2):171-176
- [12] HUANG Y R, HUNG Y C, HSU S Y, et al. Application of electrolyzed water in the food industry[J]. Food Control,2008,19(4):329-345
- [13] 胡云峰,陈君然,等.臭氧处理对切分青椒贮藏品质的影响[J].农业工程学报,2012,28(16):259-263
- [14] 蒋纬,胡颖,等.泡椒硬度测定方法的比较研究[J].食品工业科技,2012,33(23):316-319
- [15] 赵迎丽,王春生,郝利平.青椒果实低温贮藏及冷害生理的研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2003,(03):129-132
- [16] 曹建康.果蔬采后生理生化试验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007
- [17] 刘成红.1-MCP结合真空包装双重处理对柿果贮藏保鲜效果影响的研究[D].天津科技大学,2008
- [18] 张阿珊,曾荣,陈金印,等.丁香提取液对脐橙采后生理相关酶活性的影响[J].江西农业大学学报,2011,33(6):1067-1071
- [19] 周涛,孙大文.热激处理及贮藏温度对水蜜桃果实生理生化变化的影响[J].中国南方果树,2003,32(2):39-44