

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.07.026

两种高压电场处理形式对绿熟番茄贮藏品质的影响^{*}

王 愈¹ 王宝刚² 李里特³

(1. 山西农业大学食品科学与工程学院, 太谷 030801; 2. 北京市农林科学院林业果树研究所, 北京 100093;
3. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

【摘要】 以“朝研219”番茄为试材,研究了200 kV/m、2 h/d的负高压间歇静电场(简称稳恒电场)和波动场强-200~200 kV/m、频率40 kHz的交变电场预处理2 h(简称交变电场)两种不同处理对绿熟番茄果实适温(13℃)贮藏品质的影响。结果表明:两种高压电场处理均能够显著减轻番茄果实的腐烂指数($P < 0.05$),电场处理延缓了果实硬度和可溶性糖、果皮叶绿素含量的下降,以及可滴定酸、番茄红素含量的上升,从而延缓了果实的衰老,不同程度提高了果实的贮藏性。两种形式比较,高压静电场处理果实腐烂指数显著好于交变电场处理,其他指标则无显著差异。

关键词: 番茄 贮藏品质 静电场 交变电场

中图分类号: S641.2; TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)07-0123-05

Effect of Two Types of High Voltage Electric Field Treatments on the Storage Quality of Mature Green Tomato Fruit

Wang Yu¹ Wang Baogang² Li Lite³

(1. College of Food Science and Engineering, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China

2. Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry, Beijing 100093, China

3. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

In order to discuss the effect of two types of high voltage electric field treatments on the storage quality of tomato fruit, “Zhaoyan219” tomato was taken as the experimental material, and the two treatments of the negative high voltage intermittent electrostatic field (namely steady electric field) that was 200 kV/m and 2 h/d and alternative electric field pretreatment (namely alternative electric field) that was -200~200 kV/m, 40 kHz and 2 h on the effect of qualities of mature green tomato fruit during the storage quality(13℃) were studied. The results indicate that the two treatments can lower the decay incidence ($P < 0.05$) remarkably. The decrease of firmness of tomato fruit, the content of soluble sugar and chlorophyll content of tomato peel and the increase of titratable acid and lycopene content are postponed by the effect of high voltage electric field treatments. That is how the infirmness is delayed and the qualities of tomato fruit are improved.

Key words Tomato, Storage quality, Steady electric field, Alternative electric field

引言

静电技术作为一门新兴的边缘学科,已广泛应用于农业、医学等领域。比如高压静电场可明显提

高绵羊精子存活率^[1];在医学上可以用电场治疗多种疾病^[2];经高压静电场处理的作物种子发芽速度增加,活力增大,产量提高^[3]。由此可见,外加电场会导致某种生物学效应。

收稿日期:2009-10-30 修回日期:2009-12-06

* 山西省自然科学基金资助项目(2010011039-2)

作者简介:王愈,副教授,博士,主要从事农产品贮藏与加工技术研究,E-mail: sxtgwy@126.com

从大量的试验结果分析,高压静电场对植物的生长和微生物的抑制、农产品的加工特别是果蔬的保鲜贮藏是有利的^[4-6]。在番茄高压电场处理条件的筛选研究中,发现了对番茄贮藏产生显著影响的高压电场处理条件为200 kV/m、2 h/d的间歇负高压静电场和波动场强-200~200 kV/m、频率40 kHz的交变电场预处理2 h^[7]。本文采用这两种高压电场处理番茄果实,研究高压电场形式对番茄果实贮藏品质的影响。

1 材料和方法

1.1 试材与试验设置

供试番茄品种为“朝研219”,花期为45 d左右。选择成熟度一致、无机械伤、无病虫害、大小一致的绿熟顶白期果实,采后按试验要求进行不同高压电场处理,稳恒电场处理采用200 kV/m、2 h/d间歇性的负高压静电场,交变电场一次预处理采用波动场强-200~200 kV/m、频率40 kHz的交变电场预处理2 h后,入库贮藏,对照果实不进行任何高压电场处理。每一种处理用果120个,所有试验番茄都放于温度13℃,相对湿度85%~90%的试验冷库。试验当日测定样品的糖、酸、叶绿素、番茄红素含量,此后每隔5 d进行测试。经30 d贮藏后,全部果实置于常温(23~25℃)下再存放15 d和30 d后,统计不同处理果实腐烂指数。不同处理试验均重复3次,所有样品指标测定均重复3次。

应用Excel 2003软件统计分析所有数据,计算标准偏差并制图。应用SPSS 11.5软件对数据进行方差分析(ANOVA),利用邓肯式多重比较对差异显著性进行分析。 $P < 0.05$ 表示差异显著。

1.2 测试方法

1.2.1 硬度

采用GY-1型圆盘式硬度计测定绿熟番茄去最外层表皮后的果皮硬度,探头直径1 cm,5个番茄为一组,单果重复3次,取3次平均值。单位为 kg/cm^2 。

1.2.2 可溶性糖含量

采用蒽酮乙酸乙酯比色法,以蔗糖做标准曲线,对照标准曲线查得样品中的糖含量,然后计算样品中可溶性糖含量。

1.2.3 可滴定酸含量

采用酸碱中和法测定样品中可滴定酸含量。

1.2.4 叶绿素含量

参照Lers的方法^[8],并加以修改。用10 mm直径打孔器打取1 mm厚的果皮组织圆片,取1.0 g组织圆片,将其用80%丙酮抽提,在663、645、470 nm处测定吸光度,每处理取果6个,重复3次。

1.2.5 番茄红素含量

参照Fish方法略有改进^[9]。称取1.00 g果皮,放入50 mL的三角瓶中,内含5 mL丙酮,5 mL 95%乙醇,10 mL正己烷,在磁力搅拌器上搅拌均匀,置于摇床上,以180 r/min的转速处理15 min,室温下静置5 min,分层,吸取上层正己烷相测定503 nm处的吸光度,用正己烷作空白对照,用苏丹红I作标准曲线,重复3次。

1.2.6 腐烂情况

参照Hofman方法进行如下分级^[10]:0级,无病斑;1级,出现零星腐烂斑点;2级,腐烂斑点面积占果面的百分比小于25%;3级,25%~50%;4级,大于50%。每个处理用果30个,重复3次。腐烂指数计算公式为

$$F = \sum \frac{JS_j}{4S} \times 100\%$$

式中 J ——腐烂果级别 S ——果实总果数
 S_j ——腐烂级别 J 的果数

2 结果与分析

2.1 腐烂指数

适温贮藏30 d期间,各种不同处理条件的番茄并没有发生腐烂,转入常温环境放置后才开始有腐烂现象出现,15 d后对照腐烂指数 F 值达5.8%,而这时高压电场处理组仍无腐烂;30 d后,对照腐烂指数高达25.1%,而稳恒电场和交变电场处理果实腐烂情况却相当于对照15 d时水平,其数值分别为3.8%和5.1%,显著低于对照果实($P < 0.05$)。

2.2 硬度

果实硬度是衡量果实成熟状况的重要指标之一。从图1可以明显看出,总的趋势是在贮藏过程中番茄硬度逐渐下降。贮藏前期番茄开始进入后熟阶段,硬度下降较为迅速,后期硬度变化相对平缓。对照果实硬度的下降分为明显的2个阶段,前期(0~10 d)下降较快,后期(10 d以后)趋于平缓。而两种高压电场处理均可减轻果实硬度下降,与对照相比,显著提高了贮藏中的果实硬度($P < 0.05$)。高压电场处理对于前期和后期硬度下降都有较好的抑制作用。在贮藏前10 d,尤其贮藏5 d时,稳恒电场效果比交变电场处理更明显;而在贮藏后期第20天开始,两种电场处理效果差异不大。

2.3 可溶性糖含量

可溶性糖和可滴定酸含量与果实风味密切相关。不同电场处理番茄和未处理的对照番茄采后可溶性糖含量变化如图2所示。其规律呈现先上升后下降渐趋于稳定的趋势。采收初期(绿熟期)对照

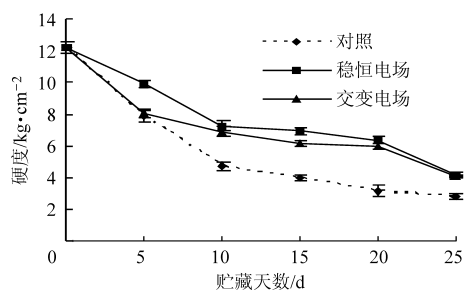


图 1 高压电场处理对番茄果实硬度变化的影响

Fig. 1 Effect of high voltage electric field treatment on firmness of tomato fruit

番茄可溶性糖含量为 3.00%，在采后第 5 天达最大值 3.82%，然后迅速下降，而处理番茄可溶性糖积累变慢，至第 10 天才分别达最大值 4.11% 和 3.86%，随后开始降低，采后 20 d 下降为 2.11% 和 2.00%，25 d 后下降为 1.95% 和 1.88%，趋于稳定。

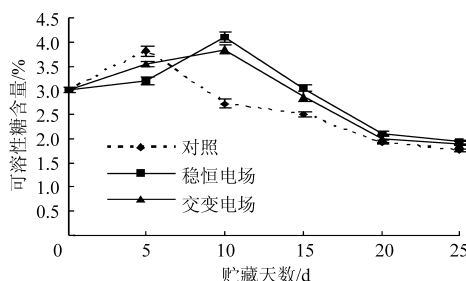


图 2 高压电场处理对番茄果实可溶性糖含量的影响

Fig. 2 Effect of high voltage electric field treatment on soluble sugar content of tomato fruit

2.4 可滴定酸含量

如图 3 所示,对照番茄果实可滴定酸含量在采收后不断增加,在采后第 15 天达到最大值 (0.53%),而后下降,到采后第 20 天降为 0.41%;而稳恒电场处理番茄果实可滴定酸含量在采收后贮藏过程中持续积累,采后前 15 d 增加比较缓慢,15 d 后大幅增加,到第 20 天上升为 0.50%。交变电场处理也延缓了果实酸含量的变化,且显著减低了可滴定酸含量的最高值 ($P < 0.05$)。

对比稳恒电场和交变电场处理的结果会发现,交变电场延缓番茄可滴定酸变化的效果表现在贮藏

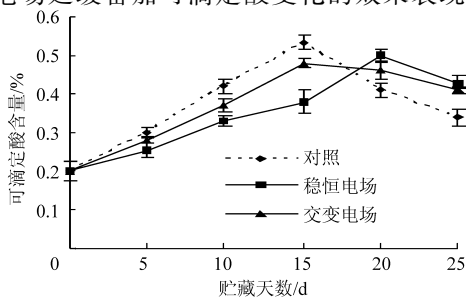


图 3 高压电场处理对番茄果实可滴定酸含量的影响

Fig. 3 Effect of high voltage electric field treatment on titratable acid of tomato fruit

中后期,前期(如贮后 5 d)与对照无显著差异,而稳恒电场在整个贮期均表现明显。

2.5 叶绿素含量

高压电场处理番茄与对照番茄果实采后叶绿素含量变化如图 4 所示。对照果实在采后前 5 d 急剧下降,而稳恒高压电场处理果实采后下降比较缓慢,其采后 15 d 的叶绿素含量与对照果实采后 5 d 含量大致相当,到采后 20 d,其叶绿素含量为 1.5 mg/kg,比对照果实高出 2 倍。交变电场处理果实叶绿素含量也显著高于对照,除贮藏初期(贮后 5 d)显著低于稳恒电场 ($P < 0.05$) 外,其他期间电场处理之间无显著差异。

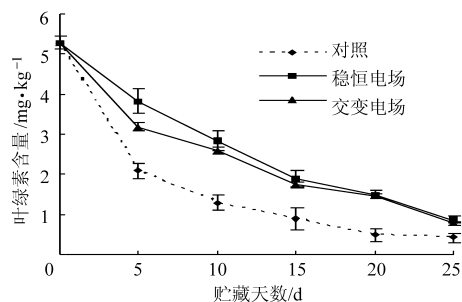


图 4 高压电场处理对番茄果实叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effect of high voltage electric field treatment on chlorophyll content of tomato fruit

2.6 番茄红素含量

番茄贮藏期间果皮番茄红素含量呈逐渐上升趋势。高压电场处理显著延缓了贮藏期间番茄果皮番茄红素含量的上升,如采后 10、15、20 d 稳恒电场处理果实的番茄红素含量分别仅是对照果实的 80.1%、80.6%、83.6%。稳恒电场与交变电场处理之间比较,贮藏 15 d 之前,交变电场处理的果实其番茄红素含量显著高于稳恒电场,贮藏后期(贮后 20 d 和 25 d)电场处理之间无显著差异(图 5)。

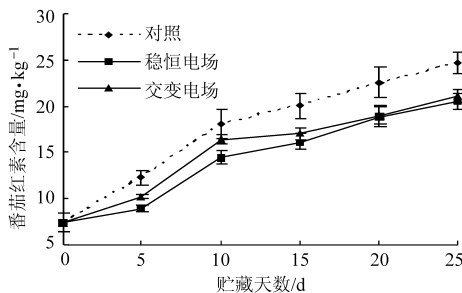


图 5 高压电场处理对番茄果实番茄红素含量的影响

Fig. 5 Effect of high voltage electric field treatment on lycopene content of tomato fruit

3 讨论

研究发现 105 kV/m 的交变电场处理 1 h 能延缓柑橘叶绿素的降解^[11],高压电场处理延长果实货

架期的作用也有报道^[12-13]。本文的研究也证实与采后品质有关的指标参数例如色泽、可溶性糖、可滴定酸等的变化也被高压电场处理所延缓,这些结果显示适宜高压电场处理能保持果实品质,延长货架期。

范美华等认为高压电场处理保鲜的机理是利用高压电场中的空气放电,在贮存空间产生一定浓度的空气离子和臭氧(O₃),让它们作用在果蔬上,可使果蔬的贮存时间延长,从而达到保鲜的目的^[14]。从本文番茄腐烂指数的比较来看,稳恒电场处理果实显著好于交变电场处理,这与间歇性稳恒电场每天处理2 h从而使得臭氧作用于果实的时间更长有关。

本文研究显示,控温环境下的适宜高压电场处理,使得贮藏的番茄在不添加任何化学物质的情况下,获得较好的外观色泽,有效地保持了果实的硬度、糖酸含量等品质指标,以纯物理的方法实现了贮藏品质的提高。由于高压电场下实现的贮藏是纯物理电磁过程,所实现的保鲜贮藏是由于细胞水平上电势的变化,同时在去除电场之后,这些被贮藏果蔬在生理上又能逐步恢复到正常的水平,因此它们既没

有添加物质也没有残留物质的存在,对人们的食用是安全的,对环境也不会造成污染^[15-16]。

另一方面,电场是以场的状态存在,因此几乎没有电能的消耗,以本文研究用电场处理试验装置来分析,番茄贮藏30 d,每天处理2 h计算,所用电压20 kV,泄漏电流0.05 mA,贮藏结束总计耗能0.06 kW·h。因此,高压电场处理贮藏番茄,既能达到较佳的贮藏效果,其节能特点也非常突出。

4 结束语

研究了两种方式的高压电场处理对绿熟期番茄贮藏品质的影响,结果表明:200 kV/m、2 h/d的负高压间歇静电场和波动场强-200~200 kV/m、频率40 kHz的交变电场预处理2 h的处理方式均抑制了番茄果实硬度以及可溶性糖、果皮叶绿素含量的下降和可滴定酸、番茄红素含量的上升,延缓了果实的衰老,提高了果实贮藏性。在本文探讨的各项品质指标中,高压静电场处理果实腐烂指数显著好于交变电场处理果实,其他评价指标则没有显著差异,但交变电场只进行预处理一次,而高压静电场处理则是间歇性的,每天需处理一次才能达到同样效果。

参 考 文 献

- 黄振勇,张忠明,周明. 高压静电场对绵羊精子存活率的影响[J]. 生物物理学报, 1995, 11(4): 591~594.
Huang Zhenyong, Zhang Zhongming, Zhou Ming. Effect of high-voltage static electric field on survival rate of sheep spermatozoa [J]. Acta Biophysica Sinica, 1995, 11(4): 591~594. (in Chinese)
- 迟爱民. 高压静电治疗仪治疗软骨组织挫伤252例[J]. 中国疗养医学, 2000, 9(5): 80~82.
Chi Aimin. Electrostatic therapy for 252 cases of cartilage tissue contusion [J]. Chinese Journal of Convalescent Medicine, 2000, 9(5): 80~82. (in Chinese)
- Kondo E, Sukurauchi Y, Kuwano N. Application of high electric field in disinfection of plant seeds [J]. Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan, 1984, 58(10): 1005~1007.
- 郭文川,朱新华,郭康权,等. 桃的电特性及新鲜度识别[J]. 农业机械学报, 2007, 38(1): 112~115.
Guo Wenchuan, Zhu Xinhua, Guo Kangquan, et al. Electrical properties of peaches and their application in sensing freshness [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(1): 112~115. (in Chinese)
- 王颀,李里特,叶青,等. 高压静电场处理对红元帅苹果采后品质的影响[J]. 农业工程学报, 2003, 19(5): 135~140.
Wang Jie, Li Lite, Ye Qing, et al. Effect of high voltage electrostatic field on the post-harvest quality of "red delicious" apple [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(5): 135~140. (in Chinese)
- 王愈,王宝刚,李里特. 静电场处理对贮藏番茄品质及生理变化的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 288~293.
Wang Yu, Wang Baogang, Li Lite. Effect of electrostatic field treatment on the quality and physiology of tomato fruit during storage [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(7): 288~293. (in Chinese)
- 王愈. 高压电场处理在番茄贮藏中的应用研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
Wang Yu. Study of high voltage electric field treatment of tomato fruit during storage [D]. Beijing: China Agricultural University, 2007. (in Chinese)
- Lers A, Jiang W B, Lomaniec E, et al. Gibberellic acid and CO₂ additive effect in retarding postharvest senescence of parsley [J]. J. Food Sci., 1998, 63(1): 66~68.
- Fish W W, Perkins-Veazie P, Collins J K A. Quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2002, 15(3): 309~317.
- Hofman P J, Beasley D R, Joyce D C, et al. Effect of preharvest bagging and of embryo abortion on calcium levels in

- 'Kensington Pride' mango fruit[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1999,39(3):345~349.
- 11 Zhang H, Hashinaga F. Effect of high electric field on quality of Satsuma mandarin fruits[J]. J. Soc. High-Tech. Agri., 1997,9(2):107~113.
- 12 Shivashankara K S, Isobe S, Al-Haq M I, et al. Fruit antioxidant activity, ascorbic acid, total phenol, quercetin, and carotene of Irwin mango fruits stored at low temperature after high electric field pretreatment [J]. J. Agric. Food Chem., 2004,52(5):1281~1286.
- 13 Bajgai T R, Hashinaga F, Isobe S, et al. Application of high field on the shelf-life extension of emblic fruit (*Phyllanthus emblica* L.) [J]. J. Food Eng., 2006, 74(3):308~313.
- 14 范美华,张昆宁,平慧敏. 高压静电场对豌豆荚的保鲜实验初探[J]. 云南大学学报, 1998,20(增刊):25~26.
Fan Meihua, Zhang Kunning, Ping Huimin. A tentative experiment of pea pods preserved under the circumstances of high electrostatic field [J]. Journal of Yunnan University, 1998, 20(Supp.):25~26. (in Chinese)
- 15 富田節雄. 電場付予による青果物の鮮度保持[J]. 農産物流通技術会報,1992(21):10~16.
- 16 王愈,李里特. 高压电场处理对贮藏番茄活性氧代谢的调节[J]. 农业工程学报,2009,25(1):255~259.
Wang Yu, Li Lite. Regulation of high voltage electric field on metabolism of active oxygen species in tomato fruits during storage[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009,25(1):255~259. (in Chinese)
-

(上接第108页)

- 3 王朝晖. 微波冷冻干燥过程的传热传质机理[D]. 南京:东南大学,1996.
Wang Zhaohui. Heat and mass transfer during microwave freeze-drying [D]. Nanjing: Southeast University, 1996. (in Chinese)
- 4 Copson D A. Microwave heating[M]. New York: AVI Publishing Co. Inc., 1975.
- 5 钱鸿森. 微波加热技术及应用[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1985.
- 6 韩清华. 微波真空干燥膨化苹果片的机理及品质研究和设备[D]. 北京:中国农业机械化科学研究院,2007.
Han Qinghua. Study on the mechanism & quality of microwave vacuum and drying & puffing apple slices and machine design [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences,2007. (in Chinese)
- 7 Plaza Gonzalez P, Monzo Cabrera J, Catala Civera J M, et al. New approach for the prediction of the electric field distribution in multimode microwave-heating applicators with mode stirrers[J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2004, 40(3):1672~1678.
- 8 白向钰,吴苏,鹿安理,等. 陶瓷材料微波加工用高均匀度多模谐振腔的研究[J]. 清华大学学报:自然科学版,1998,38(2):37~39.
Bai Xiangyu, Wu Su, Lu Anli, et al. Study on the multimode cavity with high uniformity used for microwave processing of ceramics [J]. Journal of Tsinghua University:Science and Technology, 1998,38(2):37~39. (in Chinese)
- 9 韩清华,李树君,马季威,等. 连续式微波真空干燥设备的研究[J]. 农业机械学报,2006,37(8):136~139.
Han Qinghua, Li Shujun, Ma Jiwei, et al. Study on continuous microwave vacuum drying equipment[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006,37(8):136~139. (in Chinese)
- 10 张兆镗,钟若青. 微波加热技术基础[M]. 北京:电子工业出版社,1988.