

用ORP监控鲜切果蔬臭氧水消毒的

实验研究

李 尤¹, 刘钟阳^{2,*}, 都 健¹

(1.大连理工大学化工学院, 辽宁大连 116023;

2.大连理工大学电气工程学院臭氧技术与设备研究所, 辽宁大连 116023)

摘要:研究了用氧化还原电位(ORP)监控臭氧水对鲜切果蔬的消毒灭菌过程,通过不同 ORP 的臭氧水消毒实验发现,将鲜切果蔬浸入 ORP 超过 800mV 的臭氧水中超过 30s 可以使细菌总数下降约 2 个数量级。通过改变臭氧浓度和水温的方法研究了臭氧水 ORP 的影响因素,得出了提高臭氧气体浓度和低温制冷有利于制取高 ORP 臭氧水的结论。结果表明,利用 ORP 监测臭氧水的消毒能力是可行的。

关键词:氧化还原电位(ORP), 臭氧水, 鲜切果蔬, 消毒

Experimental study on monitoring ozonated water disinfection of fresh-cut fruit and vegetables by ORP

LI You¹, LIU Zhong-yang^{2,*}, DU Jian¹

(1.School of Chemical Engineering in Dalian University of Technology, Dalian 116023, China;

2.The Research Institute of Ozone Technology and Equipment in School of Electrical Engineering in Dalian University of Technology, Dalian 116023, China)

Abstract: Monitoring the process of disinfection and sterilization of fresh-cut fruit and vegetables treated with ozonated water by ORP was studied. It was found that the number of total bacterial counts was reduced by the order of about 10^2 by immersing fresh-cut fruit and vegetables into ozonated water with ORP above 800mV over 30s through ozonated water disinfection and sterilization experiment with different values of ORP. The influence factors of ORP of ozonated water were studied by changing concentration of ozonated and water temperature. It was concluded that increasing the concentration of ozone and lowering the water temperature tend to produce ozonated water with high ORP. The study showed that it was feasible to monitor the ability of disinfection and sterilization of fresh-cut fruit and vegetables with ozonated water by ORP.

Key words: ORP; ozonated water; fresh-cut fruit and vegetables; disinfection

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2011)05-0159-03

鲜切果蔬是对新鲜果蔬进行一系列加工处理并使产品保持新鲜状态的制品,可以直接食用或烹饪,具有卫生、新鲜、方便等优点。近年来大量研究表明,利用臭氧水杀死病原菌具有广谱高效,无有害残留,能有效减少鲜切果蔬表面微生物数量,延长产品保鲜期的优点,是一种理想的新型冷杀菌剂^[1-3]。但是臭氧水消毒工艺复杂,在工程实践中因为对臭氧水的消毒能力缺少有效的监控方法,导致消毒效果不稳定。过去采用 CT 值(其中 C 表示水中臭氧浓度, T 表示时间)监控臭氧水的消毒能力^[4],但是常用的臭氧浓度检测方法(如碘量法、靛蓝二磺酸钠分光光度法和紫外光度法)误差大,必须离线测量,使得

准确监控臭氧水浓度难以实现^[5]。氧化还原电位(ORP)是水溶液氧化还原能力的测量指标,可以反映臭氧水氧化能力的大小。ORP 测量具有简单、快捷的优点,可以在线实时显示电位值,通过 ORP 的变化监控臭氧水的氧化灭菌能力^[6-7]。本文通过实验探讨应用 ORP 监控臭氧水消毒能力的可行性,研究臭氧水中 ORP 的影响因素,以期能为臭氧消毒技术在鲜切果蔬行业的推广提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

若干成熟度相近的新鲜果蔬(包括苹果、菠萝、生菜、甘蓝、马铃薯等)由大连郊区果农提供。

1.2 实验装置

大连理工大学臭氧技术与设备研究所设计的臭氧消毒槽装置示意图如图 1 所示。该装置主要由离

收稿日期: 2010-04-07 * 通讯联系人

作者简介: 李尤(1984-),男,硕士研究生,从事高浓度臭氧水的制备及应用方面的研究。

心泵、射流器、臭氧发生器、制冷机、ORP 监控仪表和槽主体构成。其中臭氧发生器和射流器由课题组自主研发,ORP 测量仪表采用德国 WTW 公司生产的 Multi340i 测试仪,装置主体由不锈钢制成。

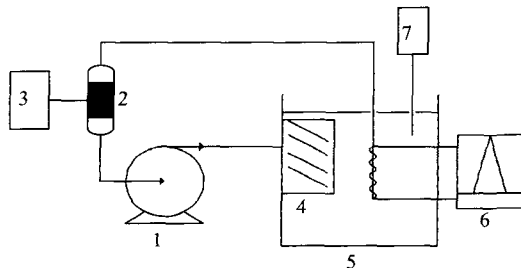


图1 鲜切果蔬臭氧消毒槽装置示意图

注:1.离心泵;2.射流器;3.臭氧发生器;4.滤网;
5.槽主体;6.制冷机;7.ORP 测试仪

1.3 实验方法

实验前预留一部分鲜切果蔬做对照组,其余分成等量的若干组。待臭氧水产生后,将一组果蔬放入槽中浸泡,观察 ORP 测量仪表的示数并做记录。最后检测果蔬表面的微生物数量^[8]后包装存入冷库,其它各组重复上述过程。实验中相关微生物检测工作与大连医科大学附属第一医院微生物检验科配合完成。具体实验过程如图 2 所示。

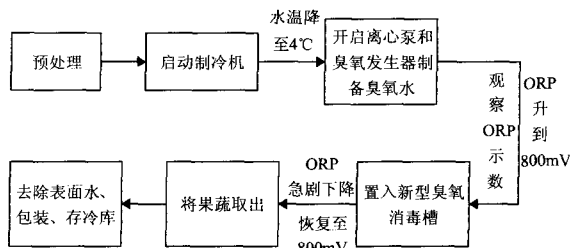


图2 鲜切果蔬臭氧消毒实验流程图

2 结果与讨论

2.1 不同 ORP 臭氧水消毒效果分析

将果蔬浸入 ORP 为 400、600、800、1000mV 的臭氧水中进行消毒 5min。从图 3 可以看出,随着 ORP 的升高,臭氧水的灭菌能力呈现出增大的趋势。ORP 为 400mV 和 600mV 的两组随着贮藏时间的延长,微生物数量分别增长了 2.9 和 2.5 个数量级,这说明 ORP 在 600mV 以下的臭氧水对鲜切果蔬的消毒效果不佳。当 ORP 上升至 800mV 以上时,产品表面微生物数量减少约 2 个数量级,贮存 20d 仍保持生鲜状态,取得了满意的灭菌效果。曾有文献报道,过高浓度的臭氧水会影响果蔬的营养价值^[9-11],而且为了制取 ORP 超过 1000mV 的臭氧水,也要增加臭氧水的制取成本,因此用 ORP 在 800~1000mV 之间的臭氧水对鲜切果蔬消毒是可以取得满意效果的。

2.2 消毒过程中 ORP 值的变化

在实验过程中发现,臭氧水的 ORP 在消毒过程中并非是不变的,而是呈规律性变化,如图 4 所示。将果蔬放入消毒槽中浸泡后,臭氧水的 ORP 急剧下降,大约 30s 后又逐渐回升。

这是因为臭氧水的氧化灭菌具有瞬时性的特点,放入臭氧水中的果蔬表面的耗臭氧物质(包括大

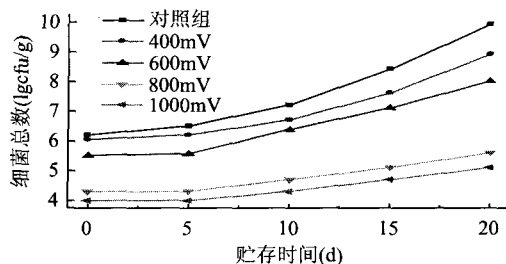


图3 不同 ORP 的臭氧水对鲜切果蔬表面细菌总数的影响

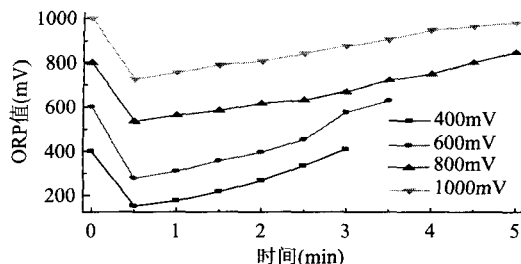


图4 消毒过程中臭氧水 ORP 值的变化

量微生物)瞬间消耗了大量臭氧,使臭氧水的浓度降低,氧化能力下降,所以导致 ORP 在短时间内急剧下降,这时补充的臭氧不断氧化果蔬表面的耗臭氧物质,直至耗臭氧物质越来越少,臭氧浓度开始在水中积聚,所以 ORP 回升是果蔬表面的耗臭氧物质被氧化彻底的结果。

2.3 臭氧水消毒时间的探讨

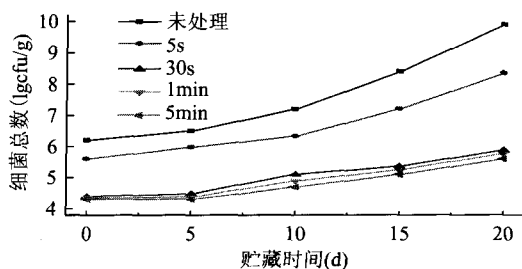


图5 消毒时间对灭菌效果的影响

为了探讨合适的臭氧水消毒时间,将果蔬浸泡在 800mV 的臭氧水中,时间分为 5s、30s、1min、5min 四组。如图 5 所示,5s 的浸泡时间并没有得到很好的灭菌效果,产品表面微生物数量比其它各组多约 1.2 个数量级,而且随着贮藏时间的延长,产品表面微生物大量繁殖。其它三组的灭菌效果显著,产品表面微生物被有效控制,20d 后产品细菌总数比对照组少约 4.2 个数量级。这说明浸泡时间过短,果蔬表面的微生物及其它耗臭氧物质没有被臭氧氧化彻底,易造成消毒效果不佳。所以在工程实践中应将果蔬浸入臭氧水中 30s 以上,才能取得稳定的消毒效果。当果蔬表面被严重污染或表面积较大时,应当延长消毒时间。

2.4 臭氧浓度对臭氧水 ORP 值的影响

用相同流量(3L/min)不同浓度的臭氧气体来制取臭氧水,实验发现 10min 后槽内臭氧水的 ORP 数值逐渐稳定,观察不同臭氧浓度对 ORP 的影响,如图 6。结果表明,用来制取臭氧水的臭氧浓度越大,则相同条件下产生臭氧水的 ORP 就越高。浓度为

65mg/L 和 73mg/L 的臭氧气体体制取的臭氧水 ORP 稳定后分别可达到 869mV 和 995mV 左右。由 2.1 部分的分析可知,选择 ORP 为 800~1000mV 的臭氧水用来消毒果蔬最合适。因此制取臭氧水的适宜臭氧浓度大概应处于 60~80mg/L 之间。

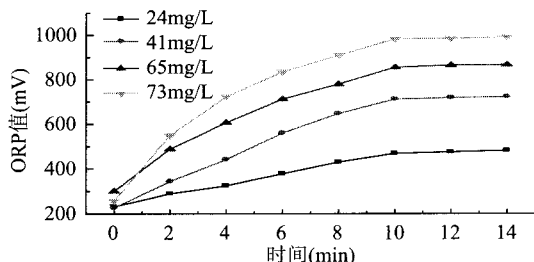


图6 消毒时间对灭菌效果的影响

2.5 温度对臭氧水 ORP 值的影响

用制冷机将槽中的水分别制冷到 15、10、5℃, 开启设备 3min 后槽内臭氧水的 ORP 值如图 7 所示。可以看出在相同条件下,水温为 5℃ 时制取出的臭氧水 ORP 比水温为 20℃ 时高出 299mV。这说明低温有利于制取氧化能力更强的臭氧水,增强臭氧水的灭菌能力。此外低温也是常用的果蔬保鲜方法。有文献报道国外应用冷藏链系统对果蔬进行保鲜,能抑制果蔬微生物的繁殖,延长果蔬的保鲜期^[12]。这说明低温具有增强臭氧水氧化灭菌能力和延长果蔬保鲜期的双重效果。

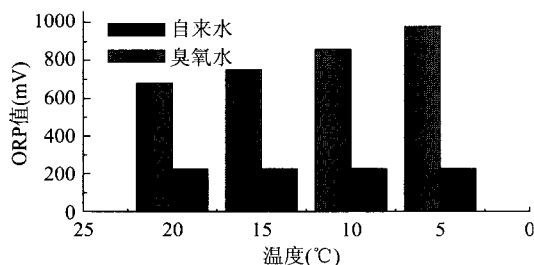


图7 温度对臭氧水 ORP 值的影响

3 结论

实验结果表明,用 ORP 来监控臭氧水的灭菌能力是可行的。臭氧水的 ORP 值越高,其灭菌能力越强。用 ORP 在 800mV 以上的臭氧水对鲜切果蔬消毒,使细菌总数下降约 2 个数量级,取得了满意的消毒效果。在提高臭氧气体浓度和低温制冷后发现制取的臭氧水具有更高的 ORP 值。所以工程实践中可利用 ORP 测量仪表监控臭氧水的消毒能力,保证臭氧水消毒的稳定性。

鲜切果蔬行业在欧美发达国家有半个世纪的工程实践历史和二、三十年的产业化发展^[13],已经达到

一定规模并仍在迅速发展^[14]。而我国的鲜切果蔬加工行业尚处于起步阶段,利用 ORP 监控臭氧水的消毒灭菌能力为鲜切果蔬臭氧水消毒工艺的优化提供了一种新方法和研究思路,对推动我国鲜切果蔬行业的发展,增加鲜切果蔬的商品价值,提升人民生活品质,加强食品安全都具有重要的意义。

参考文献

- [1] Rice R G, Farquhar W, Bollyky L J. Review of the application of ozone for increasing storage time of perishable foods [J]. *Ozone Science and Engineering*, 1982(4): 147-163.
- [2] Skog L J, Chu C L. Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage [J]. *Can J Plant Sci*, 2001, 81: 773-778.
- [3] Smilanick J L, Margosan D M, Mlikota F, et al. Impact of ozonated water on the quality and shelf-life of fresh citrus fruit, stone fruit and table grapes [J]. *Ozone Science and Engineering*, 2002, 24: 343-356.
- [4] 刘钟阳. 放电等离子体合成臭氧及应用中一些问题的研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2002.
- [5] 沈敏, 刘钟阳. 水中臭氧浓度自动检测有关问题的研究 [J]. *计算机测量与控制*, 2004, 12(11): 1027-1029.
- [6] 王涛. 改进 ORP 法水中臭氧杀菌效果检测仪的研制 [D]. 大连: 大连理工大学, 2007.
- [7] 李素芬, 刘钟阳, 许东卫. 控制电位型水中臭氧电化学传感器的实验研究 [J]. *传感器与微系统*, 2006, 25(1): 58-60.
- [8] 中华人民共和国卫生部发布. 食品卫生微生物学检验菌落总数测定. 中华人民共和国国家标准 (GB4789.2-84) [S]. 北京: 中国标准出版社, 1985: 557-560.
- [9] Allende A, Marín A, Buendía B, et al. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O₃, superatmospheric O₂ and high CO₂) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 46(3): 201-211.
- [10] 潘磊庆, 屠康, 贾明敏, 等. 臭氧水处理对芹菜保鲜效果的研究 [J]. *安徽农业大学学报*, 2004, 31(3): 348-352.
- [11] 杨晓光, 张子德, 刘晓军, 等. 臭氧水冷激处理对冬枣保鲜品质的影响 [J]. *食品科技*, 2009, 34(10): 28-31.
- [12] 齐正, 李保国, 孟祥, 等. 鲜切果蔬加工保鲜与冷藏链 [J]. *食品科技*, 2006(9): 259-262.
- [13] 张学杰, 刘宜生. 切割果蔬的质量控制及改善货架期的途径 [J]. *中国农业科学*, 1999, 32(3): 72-77.
- [14] Garret E. Challenges and opportunities in marketing fresh-cut produce [J]. *Modified Atmosphere Food Packaging* (Brody, A L, ed), 1994: 31-34.

全国中文核心期刊
轻工行业优秀期刊