

酸性电解水 与次氯酸钠清洗鲜切菠菜节水能力比较

王丹¹, 张向阳^{1,2}, 马越¹, 赵晓燕^{1,*}

(1.北京市农林科学院蔬菜研究中心、北京市果蔬农产品保鲜与加工重点实验室、农业部华北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室、农业部都市农业(北方)重点实验室,北京 100097;
2.北京农学院,北京 102206)

摘要:分别采用酸性电解水与次氯酸钠清洗鲜切菠菜,比较其在显著抑菌前提下的节水能力。在重复使用清洗水及不同菜水比的情况下,研究对鲜切菠菜的抑菌效果的影响,并揭示不同清洗剂物化指标的变化。结果表明:与次氯酸钠相比,强酸电解水在低菜水比的条件下能显著减少鲜切菠菜的菌落总数;在同样的清洗次数条件下,酸性电解水抑菌效果更好;清洗水在重复使用过程中,强酸电解水物化指标的变化较小且能保持水中菌落数量在低水平,可循环使用的潜力更高;重复使用清洗剂,pH变化不大,ORP(氧化还原电位)以及有效氯大幅下降,综合考虑,清洗过程中ORP的保持至关重要。

关键词:鲜切菠菜,酸性电解水,次氯酸钠,抑菌效果,清洗

Comparison of the water-saving ability of acid electrolyzed water and sodium hypochlorite on fresh-cut spinach

WANG Dan¹, ZHANG Xiang-yang^{1,2}, MA Yue¹, ZHAO Xiao-yan^{1,*}

(1.Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Science, Beijing Key Laboratory of Agricultural Products of Fruits and Vegetables Preservation and Processing, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (North China) and Key Laboratory of Urban Agriculture (North), Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China;
2.Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China)

Abstract: The aim of the article was to compare the water-saving ability of acid electrolyzed water and sodium hypochlorite during washing fresh-cut spinach. The bacteriostatic effect, physical and chemical indicators of cleaning agent were studied after washing fresh-cut spinach under the conditions of using cleaning agent several times and different washing ratio. The results showed that acid electrolyzed water significantly reduced the total number of bacteria on fresh cut spinach in low washing ratio when compared with sodium hypochlorite. Acid electrolyzed water exhibited better bacteriostatic effect than sodium hypochlorite under the condition of the same washing time. Physical and chemical indicators of acid electrolyzed water changed and the total number of bacteria less than other cleaning agent which indicating that acid electrolyzed water had more potential for recycling use. pH change was small, ORP and active chlorine decreased significantly after repeating use of cleaning agent. Keeping high ORP was very important factor to during washing processing.

Key words: fresh-cut spinach; acid electrolyzed water; bacteriostatic effect; disinfection

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)13-0343-04

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.13.063

鲜切蔬菜是近年国际上发展较快的蔬菜加工实用技术之一,我国的鲜切蔬菜产业在近十年间也得到了迅猛发展。然而,鲜切蔬菜在清洗过程中由于

耗水量较大、消毒剂使用不规范等原因,影响了该产业的发展。目前,加工工艺中清洗蔬菜的用水量一般为每加工 1t 耗水 7~8t,且基本上是清洗后即排放,

收稿日期:2014-09-18

作者简介:王丹(1980-),女,博士,副研究员,研究方向:农产品加工。

*通讯作者:赵晓燕(1969-),女,博士,研究员,研究方向:农产品加工。

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-25);北京市农林科学院科技创新能力建设专项(KJ CX20140204);果蔬农产品保鲜与加工北京市重点实验室项目(Z141105004414037)。

表1 清洗机制备方式及参数

Table 1 Cleaning water preparation and parameters

序号	清洗剂类型	制备方式	清洗剂参数
1	强酸电解水	由电解氧化水机电解 0.8% NaCl 产生	pH 为 2.35, ACC 为 56mg·L ⁻¹ , ORP 为 1130mV
2	弱酸电解水	由强酸电解水经过添加 0.1mol/L 的 NaOH 化学改性制得	pH 为 5.45, ACC 为 49mg·L ⁻¹ , ORP 为 770mV
3	次氯酸钠水	由 ≥10% 次氯酸钠稀释得到, 最终稀释成有效氯浓度为 100mg/L 的次氯酸钠溶液清洗水	pH 为 11.4, ACC 为 100 mg·L ⁻¹ , ORP 为 267.4mV

耗水严重。此外,次氯酸钠消毒剂是我国鲜切蔬菜生产中最常用的消毒剂^[1-2],过度使用可能形成致癌化学物质并产生新的高耐受性病原菌,粗糙的消毒液添加也可能造成产品的伤害和影响员工的身体健康,对其采用严格的使用管理技术具有重要意义。电解水是一种新型的环保型消毒剂^[3],具有显著的减菌效果^[4-6],除具有次氯酸钠的减菌有效因子有机氯及不适合微生物生存的 pH 外,较次氯酸钠增加了减菌因子——ORP(氧化还原电位)。关于酸性电解水节水效果方面,课题组前期的实验结果表明,在鲜切胡萝卜清洗过程中,与次氯酸钠相比,酸性电解水显示出其高效节水性^[7]。菠菜是鲜切叶菜类产品中的典型代表,在超市销售与快餐业中需求量大^[8]。鲜切菠菜为根菜类,其叶表面积大且不平整,国内外关于酸性电解水进行菠菜清洗节水效果的研究还未开展。本文以鲜切菠菜为研究对象,比较次氯酸钠与酸性电解水在不同耗水比与清洗水多次循环利用条件下的减菌效果,为实际生产中不同清洗方式的杀菌效果与节水能力应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鲜切菠菜 购于北京市海淀区彰化路农贸市场,选取色泽鲜亮、清洁、无明显缺陷的样品,经整理去茎处理后,切片约为 3×3cm 大小。

STN-C3-150 型电解氧化水机 上海斯钛诺公司; Incucell 55 型恒温培养箱 德国 MMM 集团; GI54DW 型高压灭菌锅 美国致微公司; PTH 027 型水质有效氯检测仪 英国百灵达公司; Hi8424 型 pH/ORP 便携检测仪 意大利哈纳公司; 1900C 型便携式浊度仪 HACH。

1.2 实验方法

1.2.1 清洗剂制备 清洗剂制备同前期实验^[7],具体如表 1。

1.2.2 不同菜水比条件下的减菌效果 分别将 250g 鲜切菠菜叶以 1:10、1:15、1:20、1:25、1:30 的菜水比浸泡于不同清洗剂中,以未清洗的处理样为对照,处理 10min 后取样,采用 GB 4789.2-2010 法检测菌落总数。

1.2.3 清洗水重复使用对菌落总数的抑制作用 500g 鲜切菠菜浸泡于 10L 不同类型的清洗水中,处理 10min 后取出,分别取样品与清洗水样进行微生物检测。另取 1kg 菠菜放入上述清洗水中,处理 10min 取出;重复操作 3 次,以未清洗的处理样为对照,按国标法检测菌落总数变化。

1.2.4 清洗剂重复使用过程中物化指标检测 方法

同前期实验^[7],具体如下:循环利用的清洗水在不同批次样品处理间分别检测水中指标的变化,指标含有效氯浓度、pH、ORP 与浊度值,所有结果均通过清洗中直接取样,使用便携式仪器测定获得。

1.3 数据分析

使用 Origin8.0 软件作图和 DPS 统计软件分析,用 Duncan 检验进行方差分析($p \leq 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同菜水比条件下对鲜切菠菜的减菌效果

由图 1 可知,未清洗的鲜切菠菜菌落总数为 (6.79 ± 0.036) lgCFU/g。在菜水比低于 1:15 的处理条件下,强酸电解水对鲜切菠菜菌落总数抑制效果显著强于其他清洗剂的使用效果,其次为弱酸电解水,在菜水比 1:15 时强酸电解水抑菌量达到 (2.20 ± 0.063) lgCFU/g。当菜水比低于 1:20 时,对于不同清洗剂,抑菌效果均随着清洗水量的增加发生不同程度的变化;当清洗水量 $\leq 1:20$ 时,各种清洗水抑菌效果均不再发生显著性变化,酸性电解水对鲜切菠菜可达到和次氯酸钠处理相同甚至更好的抑菌效果。这是由于酸性电解水除含有氯消毒成分外,高 ORP 使其具有更好的减菌作用。

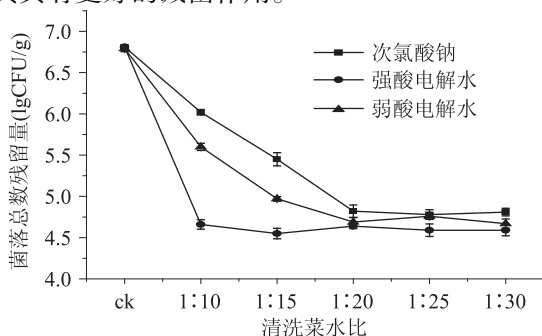


图1 不同菜水比清洗处理后鲜切菠菜菌落总数残留量

Fig.1 Surviving bacteria on fresh-cut spinach

after washing treatments under different sample/solution ratio

2.2 清洗剂重复使用对鲜切菠菜减菌效果的影响

在保持减菌效果不变的前提下,如能重复利用清洗水,将能减少鲜切菠菜的清洗水耗水量。图 1 实验结果表明菜水比 $> 1:20$ 时,各种清洗水处理鲜切菠菜抑菌效果不再发生显著性变化,因此选择在此条件下比较多次清洗后对鲜切菠菜减菌能力的变化,结果见图 2。

未处理的鲜切菠菜菌落总数为 (6.79 ± 0.036) lgCFU/g。由图 2 可知,经过一次清洗后不同清洗剂对鲜切菠菜菌落总数的抑制量无显著性差异。与清

表2 多次清洗鲜切菠菜对清洗剂参数指标的影响

Table 2 Effect of fresh-cut spinach with multiple washing on physico-chemical parameter of washing water

清洗次数(次)		0	1	2	3	4
次氯酸钠	pH	11.14	10.95	10.65	10.45	10.21
	ORP	567.9	570.5	568.7	577.3	550.4
	有效氯(mg·L ⁻¹)	102	89	72	51	33
	浊度(NTU)	0.09	1.92	8.87	13.6	19.5
强酸电解水	pH	2.39	2.51	2.63	2.8	3.03
	ORP	1135	1133	1100	1011	822
	有效氯(mg·L ⁻¹)	54	21	18	8	8
弱酸电解水	浊度(NTU)	0.06	0.53	3.86	5.72	8.48
	pH	5.59	4.92	4.57	4.6	4.91
	ORP	801	825	820	817	759
	有效氯(mg·L ⁻¹)	49	22	17	11	8
	浊度(NTU)	0.18	0.38	2.68	5.36	10.86

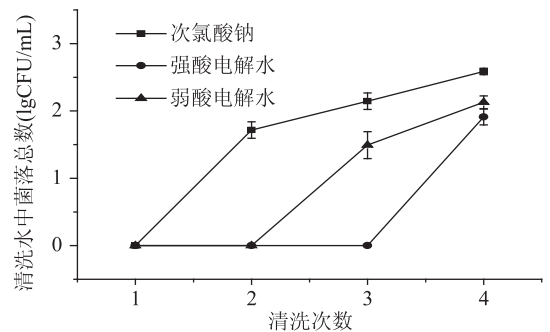
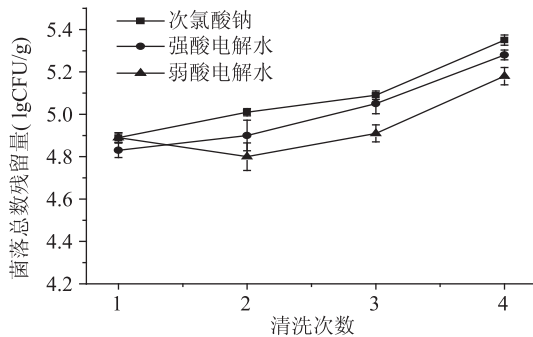


图2 清洗水多次处理对鲜切菠菜菌落总数残留量的影响

图3 多次清洗鲜切菠菜后清洗剂中菌落总数变化

Fig.2 Surviving population of total bacteria on fresh-cut spinach after multiple washing

Fig.3 Surviving population of total bacteria on washing water after multiple washing with fresh-cut spinach

洗剂处理鲜切胡萝卜的效果趋势类似,次氯酸钠随清洗次数的增加抑菌效果下降,但是变化幅度并没有和处理鲜切胡萝卜那么显著,原因是清洗鲜切菠菜的水量非常大,能保持抑菌能力在较高水平。与次氯酸钠相比,酸性电解水处理鲜切菠菜可维持首次同样的抑菌效果多次,强酸电解水可保持2次使用,弱酸电解水则可使用3次,此时对鲜切菠菜的抑菌量约为(1.88 ± 0.040) lgCFU/g。可见,在同样的清洗次数条件下,酸性电解水抑菌效果明显强于次氯酸钠,可循环使用潜力更高。

2.3 清洗剂重复使用过程中水中微生物的变化

在清洗过程中,部分微生物会进入清洗水中,如果重复利用,将会造成交叉污染^[9]。为揭示此问题,进一步研究了上述实验中重复使用清洗水对微生物的作用效果,结果见图3。

由图3可知,不同清洗剂使用一次后,清洗水中并未检测到菌落生长,这也与耗水量比较大有关。随着重复使用的次数增加,次氯酸钠处理组的菌落数量逐渐增多,当清洗4次以后,菌落数达到(2.59 ± 0.048) lgCFU/g。强酸电解水处理3次后、弱酸电解水使用2次后,清洗水中仍未检测到微生物生长。但是再次增加重复清洗次数,水中菌落总数则显著上升,这也标志着该清洗水杀菌效力的降低。同样重复使用几次后,酸性电解水中的菌落总数一直低

于次氯酸钠处理鲜切菠菜后水中菌落数量。可见,酸性电解水与次氯酸钠相比,在鲜切菠菜清洗过程中具有更好的防交叉污染作用。

2.4 清洗剂重复使用过程中物化指标的变化

采用多次清洗方式处理,除应考虑清洗剂中的微生物污染状况外,清洗剂中有效杀菌成分的变化也是影响其重复利用的重要因素。重复利用清洗剂的物化指标变化情况见表2。

由表2可知,清洗水重复清洗鲜切菠菜过程中,pH的变化缓慢。清洗四次后,次氯酸钠由11.14降至10.21,强酸电解水pH由2.39升至3.03,弱酸电解水由5.59降至4.91,有效氯浓度下降迅速。尤其是次氯酸钠,清洗4次后,有效氯浓度降低了67.6%。而ORP变化速度缓慢,重复清洗至3、4次以后才会发生急剧改变,清洗4次后次氯酸钠ORP由567.9降至550.4,强酸电解水由1135降至822,而弱酸电解水由801降至759;浊度呈显著上升趋势,可见,清洗后水中有机物含量升高,清洗过程中菠菜中残渣及电解液渗透到清洗水中,影响杀菌成分。由清洗水物化指标结合以上清洗结果可以看出,第一次清洗时次氯酸钠有效氯含量明显高于电解水,但电解水与其减菌效果相当,第二次清洗后,次氯酸钠有效氯浓度仍然明显高于电解水,然而减菌效果显著弱于电解水。这与前人研究结果相似,侯田莹等^[10]研究

表明酸性电解水有效氯浓度大于 10mg/L、ORP \geq 600mV 时才具有明显抑菌效果。可见清洗水中仅含有有效氯,要得到稳定的抑菌效果则需要其浓度保持较高水平^[11],然而高有效氯与有机物反应生成三氯代烷的致癌物^[12],存在健康隐患,因此含有有效氯、低 pH 与高 ORP 等多种减菌成分的清洗水才更具重复利用的潜力。

3 结论

采用不同清洗剂处理鲜切菠菜,其中酸性电解水在低耗水的条件下就可达到与次氯酸钠在较高耗水条件下的杀菌效果。以次氯酸钠首次清洗的抑菌结果为标准,强酸电解水处理鲜切菠菜可保持 2 次使用,弱酸电解水则可 3 次使用。

酸性电解水在重复使用实验过程中,可保持清洗水中长时间无微生物存活,对于生产过程中交叉污染的防治效果十分显著,酸性电解水在鲜切菠菜上的应用较次氯酸钠更具有节水优势。

清洗水使用过程中杀菌成分除了有效氯外,低 pH 及高 ORP 值的保持具有重要意义。

参考文献

- [1] 周会玲,唐爱均,王祥明.不同清洗剂对切割生菜品质的影响[J].西北农业学报,2010,19(11):115-118.
- [2] Allende A, Selma M V, G3lvez F L, et al. Role of commercial sanitizers and washing systems on epiphytic microorganisms and sensory quality of fresh-cut escarole and lettuce[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49(1): 155-163.
- [3] 谢军,孙晓红,潘迎捷,等.酸性电解水及其在食品工业中的应用[J].食品工业科技,2010,31(2):366-373.
- [4] Guentzela J L, Lam K L, Michael A C, et al. Reduction of bacteria on spinach, lettuce, and surfaces in food service areas using neutral electrolyzed oxidizing water[J]. Food Microbiology, 2008, 25: 36-41.
- [5] Wang J J, Zhang Z H, Li Z B, et al. Modeling *vibrio parahaemolyticus* inactivation by acidic electrolyzed water on cooked shrimp using response surface methodology [J]. Food Control, 2014, 36: 273-279.
- [6] Rahman S M E, Ding T, Oh D H. Inactivation effect of newly developed low concentration electrolyzed water and other sanitizers against microorganisms on spinach [J]. Food Control, 2010, 21(10): 1383-1387.
- [7] 张向阳,王丹,马越,等.应用酸性电解水清洗鲜切胡萝卜的节水效果[J].食品工业科技,2013,34(6):130-133.
- [8] Cocetta G, Baldassarre V, Spinardi A, et al. Effect of cutting on ascorbic acid oxidation and recycling in fresh-cut baby spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves [J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 88: 8-16.
- [9] Luo Y G. Fresh-cut produce wash water reuse affects water quality and packaged product quality and microbial growth in romaine lettuce [J]. Horticulture Science, 2007, 42(6): 1413-1419.
- [10] 侯田莹,赵园园,郑淑芳.次氯酸钠在蔬菜加工中循环利用的杀菌效果评价[J].食品科学,2010,31(13):27-30.
- [11] Barrera M J, Blenkinsop R, Warriner K. The effect of different processing parameters on the efficacy of commercial post-harvest washing of minimally processed spinach and shredded lettuce[J]. Food Control, 2012(25): 745-751.
- [12] 张文德.蔬菜用次氯酸钠消毒产生三氯甲烷与安全性[J].预防医学情报杂志,2009,25(10):865-867.
- [13] 周会玲,唐爱均,王祥明.不同清洗剂对切割生菜品质的影响[J].西北农业学报,2010,19(11):115-118.
- [14] Hearing V J. Biogenesis of pigment granules: a sensitive way to regulate melanocyte function [J]. Journal of Dermatological Science, 2005, 37: 3-14.
- [15] Rezaei M, Hosseini S F. Quality assessment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage [J]. Journal of Food Science, 2008, 73(6): 93-96.
- [16] 何碧娟.冷藏温度及抗氧化剂对鲑鱼糜脂质氧化的影响研究[J].集美大学学报:自然科学版,2000,5(3):64-68.
- [17] Rahman M S, Al-waili H, Guizani N. Instrumental-sensory evaluation of texture for fish sausage and its storage stability [J]. Fisheries Science, 2007, 73(5): 1166-1176.
- [18] Hultmann L, Rustad T. Iced storage of Atlantic salmon (*Salmo salar*) - effects on endogenous enzymes and their impact on muscle proteins and texture [J]. Food Chemistry, 2004, (87): 31-41.
- [19] 陈能,谢黎虹,段彬伍.稻米中含二硫键蛋白对其米饭质地的影响[J].作物学报,2007,33(1):167-170.
- [20] Deckesr E A, Livisay S A, Zhou S. Mechanisms of endogenous skeletal muscle antioxidants: chemical and physical aspect [J]. Antioxidants in muscle foods, 2000: 25-60.
- [21] 黄鸿兵,徐幸莲,周光宏.冷冻贮藏对冻猪肉冰晶形态、TVB-N 及 TBARS 的影响 [J]. 食品工业科技, 2008, 29: 117-119.

(上接第 342 页)

(3): 76-80.

[9] 唐雪,季雪,代卉,等.野生与池养刀鲚肌肉品质特性及抗氧化性品质分析比较 [J]. 食品工业科技, 2011, 12(32): 193-195.

[10] Commission International de l' Eclairage. Official recommendations on uniform color Space, color difference equations and metric color terms [Z]. 1976.

[11] 翁丽萍,王宏海,陈飞东,等.养殖大黄鱼风味感官质量的综合模糊评定 [J]. 食品与发酵工业, 2011, 38(10): 111-114.

[12] 曹炳元.应用模糊数学与系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2005: 21-23.

[13] 戴志远,崔雁娜,王宏海.不同冻藏条件下养殖大黄鱼鱼肉质变化的研究 [J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(8): 188-191.