

电生功能水处理对菜豆贮藏品质的影响

张玉蕾^{1,2}, 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,山西晋中 030801;

2.山西省农畜产品加工研究生教育创新中心,山西晋中 030801;

3.太原六味斋实业有限公司,山西太原 030000)

摘要:以菜豆为试材,以未处理和经自来水处理的菜豆为对照组,研究酸性电生功能水(pH:2.5±0.3,ACC:(99.3±3.2) mg/kg,ORP:(1130±5) mv)、碱性电生功能水(pH:10.5±0.3,ORP:(-850±5) mv)、NaClO溶液(pH:9.4±0.2,ACC:(96.8±2.4) mg/kg)对菜豆贮藏品质的影响,结果表明:酸性电生功能水能有效的降低菜豆表面的微生物数量,且与相同有效氯浓度的次氯酸钠溶液相比,可达到更好的杀菌效果。在贮藏期内,酸性电生功能水处理能有效抑制菜豆表面微生物数量的增长,降低失重率,使菜豆的硬度、抗坏血酸、叶绿素含量维持在较高的水平,减少果实营养物质的消耗和色素的降解,降低锈斑指数,提高商品率。因此,酸性电生功能水可用于菜豆的贮藏保鲜中,并且可以取得较好的保鲜效果。

关键词:酸性电生功能水,碱性电生功能水,菜豆,品质

Effect of electrolyzed functional water on quality of *Phaseolus vulgaris* L. during storage

ZHANG Yu-lei^{1,2}, 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 030801, China;

2.Agricultural and Livestock Products Processing Postgraduate Education

Innovation Center of Shanxi Province, Jinzhong 030801, China;

3.Shanxi Liuweizhai industry limited company, Taiyuan 030000, China)

Abstract: By setting untreated and water treatment *Phaseolus vulgaris* L. as controls, the effect of acidic electrolyzed functional water (pH: 2.5 ± 0.3, ACC: (99.3 ± 3.2) mg/kg, ORP: (1130 ± 5) mv), alkaline electrolyzed functional water (pH: 10.5 ± 0.3, ORP: (-850 ± 5) mv, sodium hypochlorite solution (pH: 9.4 ± 0.2, ACC: (96.8 ± 2.4) mg/kg) on quality of *Phaseolus vulgaris* L. in storage was studied. the results indicated that acidic electrolyzed functional water effectively restrained microbial growth and had significantly improved bactericidal activity in comparison with sodium hypochlorite solution in same initial active chlorine concentrations. During storage, the growth of microbes was restrained, the loss of vegetable weight was reduced, the hardness, ascorbic acid, chlorophyll content of beans were kept at a higher level, the loss of nutrition substance and decomposition of pigments were decreased, the rust spot index was reduced and the commodity rate was improved by the treatment of acidic electrolyzed functional water. Therefore, acidic electrolyzed functional water can be applied to the preservation of beans and can obtain a better preservation effect.

Key words: acidic electrolyzed functional water; alkaline electrolyzed functional water; *Phaseolus vulgaris* L.; quality

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)19-0324-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.19.055

菜豆(*Phaseolus vulgaris* L.),为豆科蝶形花科菜豆属一年生蔬菜,别名四季豆、豆角、架豆、芸豆、刀豆等。菜豆营养丰富,富含多种蛋白质、氨基酸,还含有钙、磷、铁及多种微量元素和多种维生素,因此

深受广大消费者喜爱。目前以鲜销为主,亦可速冻、干制。其豆荚组织幼嫩,呼吸强度高,极不耐贮藏,采收后如不及时处理就会很快发生纤维化、萎蔫、褪色、腐烂及产生大量锈斑,失去商品价值^[1-4]。因此,

收稿日期:2016-04-27

作者简介:张玉蕾(1989-),女,硕士研究生,研究方向:农产品加工与贮藏工程,E-mail:zyl0101@126.com。

* 通讯作者:王愈(1968-),男,博士,教授,研究方向:农产品加工与贮藏工程,E-mail:sxtgwy@126.com。

基金项目:山西省科技攻关计划项目(20150311020-1)。

为了减少生产者及零售商的损失,亟需解决菜豆采收后保鲜问题。

电生功能水(electrolyzed functional water, EFW)又称电解水、电位水或离子水,是将一定浓度的盐溶液在特殊装置中经电场处理后,使其 pH、氧化还原电位(ORP 值)、有效氯浓度(ACC)等指标发生改变而产生的具有特殊功能的酸性电生功能水和碱性电生功能水的总称^[5]。酸性电生功能水作为一种新兴的杀菌剂,具有杀菌能力强、杀菌范围广、无污染、无残留,对人体安全,制取方便、价格低廉等优点^[6-8]。由于酸性电生功能水的这些优点,近年来得到了越来越广泛的关注。目前,在食品领域,主要研究酸性电生功能水的杀菌效果和碱性电生功能水去除农药残留的效果。研究表明酸性电生功能水可抑制果蔬的呼吸作用、乙烯释放和果实腐烂等^[9-12]。碱性电生功能水能够有效的去除农药残留^[13]。

本实验以菜豆作为研究对象,采用酸性电生功能水、碱性电生功能水、次氯酸钠溶液对其进行处理,以未处理和自来水处理作为对照,通过对菜豆表面细菌总数、霉菌和酵母菌数以及营养和感官指标的分析,考察不同处理对菜豆杀菌和保鲜效果的影响,以期使电生功能水能够应用于菜豆的贮藏保鲜中,同时为菜豆的保鲜提供一种安全有效的方法。

1 材料和方法

1.1 材料与试剂

菜豆(品种为:架豆王) 山西省太谷县山西农业大学菜市场,于采收当天运至实验室,并放入 15℃ 冰箱中进行预冷。挑选成熟度适中,无锈斑,无病虫害,无机械损伤,顺直、均匀的豆荚作为实验材料。本实验于 2015 年 7 月进行。

2,6-二氯酚酞酚钠 上海晶纯生化科技股份有限公司;3,5-二硝基水杨酸 申光化学品股份有限公司;三氯乙酸(TCA) 天津天力化学试剂有限公司;硫代巴比妥酸 永叶化学试剂厂;营养琼脂培养基、马铃薯葡萄糖琼脂培养基 青岛高科园海博生物技术有限公司。

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;DZB-718 型便携式多功能参数测定仪 上海仪电科学仪器股份有限公司;Q/SGYM 1008 型电子天平 奥豪斯仪器(上海)有限公司;WFJ 2100 型可见分光光度计 龙尼克(上海)有限公司;TMS-PRO 型质构仪 美国 FTC 公司;SSW 型电热恒温水槽 上海博迅实业有限公司;Centrifuge 5424 型冷冻离心机 艾本德股份公司(Eppendorf) WSC-S 测色色差计 上海仪电物理光学仪器有限公司;Starter 2C 型 pH 计 博迅实业有限公司;SPX-250-C 型恒温恒湿培养箱 无锡苏南实验设备有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 电生功能水的制备 本实验使用 XY-L150 型电生功能灭菌水生成器制备电生功能水,用 3% NaCl 溶液电解得到酸性电生功能水(pH:2.5±0.3,

ACC:(99.3±3.2) mg/kg,ORP:(1130±5) mv)和碱性电生功能水(pH:10.5±0.3,ORP:(-850±5) mv)。配制 NaClO 溶液(pH:9.4±0.2,ACC:(96.8±2.4) mg/kg):利用 NaClO 分析纯溶液经多次稀释后测定其 ACC,得到与酸性电生功能水相近的 ACC,即为处理用 NaClO 溶液。

电生功能水及 NaClO 溶液各指标的测定:pH 及 ORP 值使用便携式多功能参数测定仪(DZB-718 型)测定,ACC 采用碘量法滴定。

1.2.2 处理方法 菜豆贮藏设置 5 个处理组,每组重 2 kg,重复 3 次,按料液比为 1:6(g:mL)的比例浸泡,以未处理和自来水处理组作为对照,处理后放于无菌工作台中沥干水分装入聚乙烯袋(长度×宽度×侧宽:42 cm×26 cm×10 cm,双面厚度:0.07 mm)中,排出袋中空气并系活结,置于 15℃ 下贮藏,每隔 2 d 测定菌落总数、霉菌和酵母菌数、失重率、硬度、色差、还原糖含量、叶绿素含量、抗坏血酸含量,共测定 12 d,贮藏结束时统计菜豆的锈斑级别,计算锈斑指数和商品率。处理方法见表 1:

表 1 菜豆处理方法
Table 1 Treatment method of beans

编号	处理分组	处理方法
CK 1	无处理	未做任何处理
CK 2	自来水处理	将菜豆浸泡到自来水中 5 min
处理 1	酸性水处理	将菜豆浸泡到酸性水中 5 min
处理 2	碱性水处理	将菜豆浸泡到碱性水中 5 min
处理 3	NaClO 溶液处理	将菜豆浸泡到 NaClO 溶液 5 min

1.2.3 测定指标及方法

1.2.3.1 菌落总数、霉菌和酵母菌数(单位:lg CFU/g) 样品处理采用剪碎振荡法^[14],菌落总数测定采用 GB 4789.2-2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》,采用无菌操作,将 100 g 经处理的菜豆剪碎混匀,从中取 25 g,装入带有 225 mL 无菌生理盐水和适量直径为 5 mm 左右的玻璃珠的无菌三角瓶中,盖紧瓶盖,用调速多用振荡器以 200 r/min 振荡 5 min,制成 1:10 的样品稀释液。取 1 mL 上述溶液加入到 9 mL 无菌生理盐水中,振荡混匀制成 1:100 的样品稀释液,按照上述步骤,制备 10 倍系列稀释样品稀释液,每递增稀释一次,换用一次 1 mL 无菌吸管。选择 2~3 个适宜稀释度的样品稀释液,吸取 1 mL 于无菌平皿中,每个稀释度做两个平皿,同时,分别吸取 1 mL 无菌生理盐水加入两个无菌平皿内作空白对照,平皿内再加入 15~20 mL 冷却至 46℃ 的平板计数琼脂培养基,待凝固后翻转平板,37±1℃ 培养(48±2) h 后取出按标准方法计算样品的菌落总数。霉菌和酵母菌数测定采用 GB 4789.15-2010《食品微生物学检验 霉菌和酵母计数》,取样方法同上,使用马铃薯葡萄糖琼脂培养基(Potato Dextrose Agar, PDA)于(28±1)℃ 培养 5 d 计数。

1.2.3.2 失重率(单位:%) 失重率(%) = 贮藏前果实质量-贮藏后果实质量/贮藏前果实质量×100

1.2.3.3 硬度(单位:kg/cm²) 用美国产 TMS-PRO 型质构仪进行测定,探头直径为 4 mm,探头回收高度

15 mm, 挤压距离 5 mm, 检测速度为 90 mm/min (1.5 mm/s), 两次压缩测试间隔时间为 5 s, 测试后速度为 200 mm/min, 每个处理组选取 18 根豆荚, 对每个豆荚进行 4 次测试 (有豆部位和无豆部位各 2 次), 结果取平均值。

1.2.3.4 色差 采用 WSC-S 型测色色差计测量不同处理间菜豆的 L^* 、 a^* 、 b^* 值, L^* 表亮度, a^* 值表示有色物质的红绿偏向, b^* 值表示有色物质的黄蓝偏向。每个处理组选取 18 根豆荚, 对每个豆荚的不同部位进行 3 次测试, 结果取平均值。

1.2.3.5 还原糖含量 (单位: mg/g) 采用 3,5-二硝基水杨酸 (DNS) 比色法测定^[15]。

1.2.3.6 叶绿素含量 (单位: mg/g) 采用 Arnon 法测定^[15]。

1.2.3.7 抗坏血酸 (V_c) (单位: mg/100 g) 采用 2,6-二氯酚靛酚法测定^[15]。

1.2.3.8 锈斑指数 按菜豆表面的锈斑发生程度分为 0~3 级: 0~无锈斑; 1 级-少量锈斑, 具有商品价值; 2 级-较多锈斑, 没有商品价值; 3 级-严重锈斑, 失去食用价值。

锈斑指数 (%) = \sum (锈斑级别 × 该级别样品数量) / 最高级别 × 样品总数量 × 100

1.2.3.9 商品率 为具有商品价值的菜豆的总数 (0 级与 1 级) 与该处理的总菜豆数的比值。

1.3 数据处理与分析

利用 Excel 2007 分析数据并绘图, SPSS19.0 软件对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对菜豆表面微生物数目的影响

由图 1、图 2 可看出, 随着贮藏时间的延长, 菜豆表面菌落总数及霉菌和酵母菌总数均在增加, 但处理 1、2、3 的初始菌落总数、霉菌和酵母菌数均显著低于 CK1 ($p < 0.05$), 菜豆表面的初始菌落总数与 CK1 相比分别降低了 1.65、1.31、1.38 lg CFU/g, 初始霉菌和酵母菌数与 CK1 相比分别降低了 1.46、0.64、0.86 lg CFU/g。该结果表明: 处理 1、2、3 不仅能降低菜豆表面初始微生物数量, 而且与 CK1 相比, 经处理的菜豆的表面微生物数量在贮藏期间均处于较低水平。与处理 2、3 相比, 处理 1 的菜豆表面微生物数量更少, 这表明: 酸性电生功能水、碱性电生功能水、次氯酸钠溶液处理菜豆均能在减少菜豆贮藏过程中表面微生物数量方面起到一定的作用, 并且酸性电生功能水具有较强的杀菌能力, 与具有相同有效氯浓度的次氯酸钠溶液相比, 能达到更好杀菌效果, 碱性电生功能水的杀菌效果不如酸性电生功能水, 这或许是由于酸性电生功能水拥有较高的 ORP 值, 造成代谢通量和 ATP 产生的改变, 另外低 pH 使细菌细胞外膜变得敏感, 便于 HClO 进入细菌细胞, 而 HClO 通过抑制葡萄糖氧化来杀死微生物^[16-17]。

2.2 不同处理对菜豆贮藏期间失重率的影响

由图 3 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 菜豆的失重率不断增加。在贮藏的前 9 d, CK1 的失重率始终为最高。尤其是在贮藏的第 3 d, CK1 的失重率上

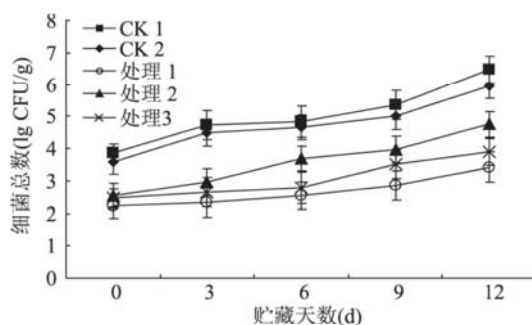


图 1 不同处理对菜豆贮藏期间菌落总数的影响
Fig.1 Effect on survival microbes population of *Phaseolus vulgaris* L.treated with different treatment during storage

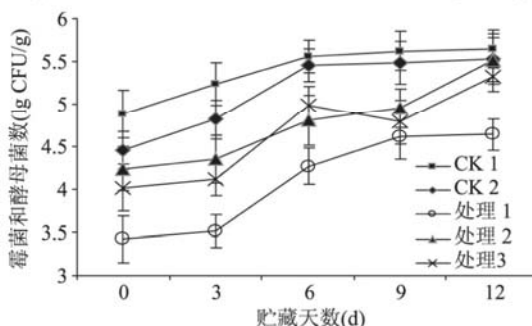


图 2 不同处理对菜豆贮藏期间表面霉菌和酵母菌数的影响
Fig.2 Effect on total combined molds and yeasts count of *Phaseolus vulgaris* L.treated with different treatment during storage

升速度最快, 显著高于 CK2 和处理 1、2、3 ($p < 0.05$), 这表明菜豆贮藏过程中如未经任何处理, 在贮藏的前 3 d 就会快速失水, 降低其商品质量。在贮藏 6 d 后, 处理 1、2、3 的失重率始终低于 CK1 和 CK2, 处理 2 和处理 3 的失重率变化无显著差异 ($p > 0.05$), 处理 1 的失重率显著低于处理 2 和处理 3 ($p < 0.05$), 这表明经酸性电生功能水、碱性功能水、次氯酸钠溶液处理均能降低菜豆贮藏过程中的失重率, 起到一定的保水作用, 并且酸性电生功能水在菜豆贮藏后期的保水效果最佳, 这与纪淑娟等^[18]的研究结果一致。

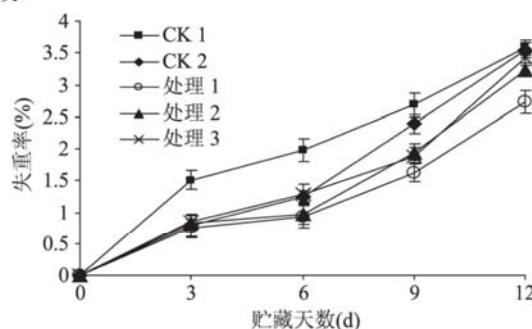


图 3 不同处理对菜豆贮藏期间失重率的影响
Fig.3 Effect on weight loss ratio of *Phaseolus vulgaris* L. treated with different treatment during storage

2.3 不同处理对菜豆贮藏期间硬度的影响

由图 4 可以看出, 随着贮藏时间的延长, 菜豆的硬度不断降低。在贮藏的前 3 d, 所有处理组的硬度均快速下降, CK1 的硬度下降最快, 其他处理组的硬

度下降速度无显著差异 ($p > 0.05$)。在贮藏后期, 处理 1 的硬度始终高于其他的处理组, CK2、处理 2、处理 3 的硬度下降速度无显著差异 ($p > 0.05$), 但均高于 CK1, 这说明即使用自来水处理也能使菜豆贮藏期间的硬度下降速度减缓, 酸性电生功能水处理能够使菜豆贮藏过程中的硬度下降速度显著降低 ($p < 0.05$), 碱性电生功能水和次氯酸钠溶液处理也能起到一定的作用。

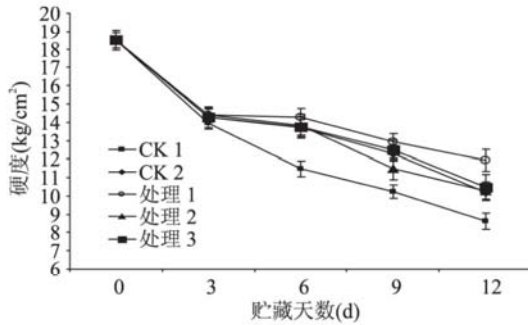


图 4 不同处理对菜豆贮藏期间硬度的影响

Fig.4 Effect on hardness of *Phaseolus vulgaris* L.treated with different treatment during storage

2.4 不同处理对菜豆贮藏期间色差的影响

在表色系统中, L^* 值代表光泽明暗度, L^* 值越大亮度越大, a^* 值表示有色物质的红绿偏向, 正值越大偏向红色的程度越大, 负值绝对值越大偏向绿色的程度越大, b^* 值表示有色物质的黄蓝偏向, 正值越大偏向黄色的程度越大, 负值绝对值越大偏向蓝色的程度越大^[19-20]。如图 5 所示, 随着贮藏时间的延长, 菜豆的 L^* 值逐渐降低。贮藏到第 12 d 时, 各处理组 L^* 值约降低了 11.8 个单位。贮藏过程中, 各处理组始终与对照无显著性差异 ($p > 0.05$), 说明三种处理对样菜豆的 L^* 值基本无影响。如图 6 所示, 随着贮藏时间的延长, 菜豆的 a^* 值的绝对值逐渐降低, 说明菜豆的色泽偏向绿色的程度在逐渐降低。贮藏到第 12 d 时, CK1、CK2 的 a^* 值的绝对值约降低了 6.21 个单位, 处理 1、处理 2、处理 3 的 a^* 值的绝对值分别降低了 5.04、5.47、6.15 个单位。这表明在贮藏过程中, 处理 1、处理 2 均有助于保持菜豆的绿色, 处理 3 对于保持菜豆绿色无明显作用。由此可推断, 用电生功能水处理, 能够较好的保持菜豆的绿色。如图 7 所示, 随着贮藏时间的延长, 菜豆的 b^* 值逐渐升高。

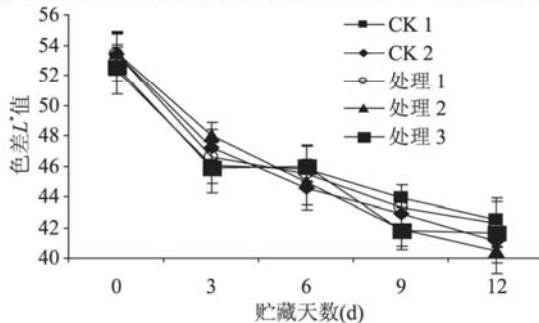


图 5 不同处理对菜豆贮藏期间 L^* 值的影响

Fig.5 Effect on L^* of *Phaseolus vulgaris* L.treated with different treatment during storage

贮藏到第 12 d 时, 各处理组 b^* 值约升高了 3.32 个单位。贮藏过程中, 各处理组始终与两个对照组无显著性差异 ($p > 0.05$), 说明三种处理对样菜豆的 b^* 值基本无影响。

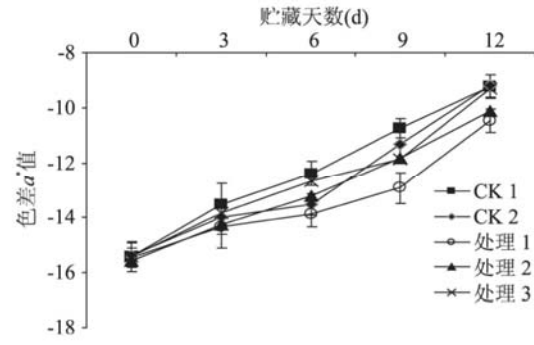


图 6 不同处理对菜豆贮藏期间 a^* 值的影响

Fig.6 Effect on a^* of *Phaseolus vulgaris* L.treated with different treatment during storage

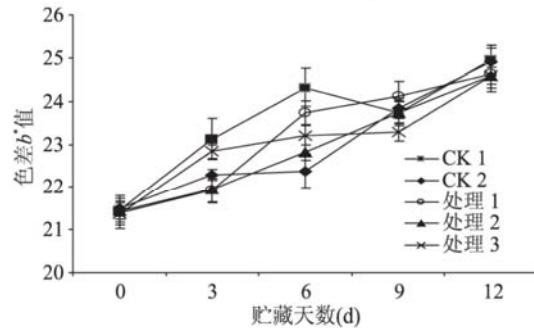


图 7 不同处理对菜豆贮藏期间 b^* 值的影响

Fig.7 Effect on b^* of *Phaseolus vulgaris* L.treated with different treatment during storage

2.5 不同处理对菜豆贮藏期间还原糖、叶绿素、抗坏血酸含量的影响

由图 8 可知, 处理当天, 各处理菜豆还原糖含量无显著差异 ($p > 0.05$)。随着贮藏时间的延长, 菜豆的还原糖含量不断降低。在贮藏的前 3 d, 所有处理组的还原糖均缓慢下降, CK2 的还原糖含量下降最多, 其他处理组的含量无显著差异 ($p > 0.05$)。在贮藏中期, 处理 1 的还原糖含量显著高于其他的处理组 ($p < 0.05$), 其他处理组的下降速度无显著差异 ($p > 0.05$)。在贮藏到 12 d 时, 各处理组的还原糖含

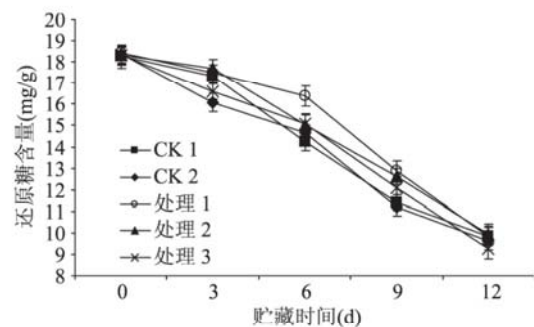


图 8 不同处理对菜豆贮藏期间还原糖含量的影响

Fig.8 Effect on reducing sugar content of *Phaseolus vulgaris* L. treated with different treatment during storage

量无显著差异 ($p > 0.05$)。这说明酸性电生功能水能够使贮藏 3~9 d 的菜豆的还原糖含量保持较高的水平。

由图 9 可看出,随着贮藏时间的延长,菜豆中的叶绿素含量不断降低。在贮藏的前 3 d,所有处理组的叶绿素含量均快速下降,处理 1 的叶绿素含量下降最慢,其他处理组的叶绿素含量下降速度无显著差异 ($p > 0.05$)。在整个贮藏期,处理 1 的叶绿素含量始终显著高于其他的处理组 ($p < 0.05$),其他处理组的叶绿素含量无显著差异 ($p > 0.05$),这说明使用酸性电生功能水处理也能使菜豆贮藏期间的叶绿素含量下降速度减缓,这与酸性电生功能水处理能使菜豆的 a^* 值的绝对值降低缓慢相符,说明酸性电生功能水处理能够较好的保持菜豆的绿色。

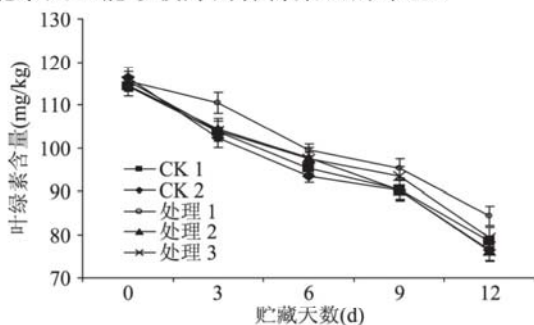


图 9 不同处理对菜豆贮藏期间叶绿素含量的影响

Fig.9 Effect on chlorophyll content of *Phaseolus vulgaris* L. treated with different treatment during storage

抗坏血酸 (V_c) 含量是衡量果蔬贮藏品质和营养价值的重要指标。由图 10 可看出,随着贮藏时间的延长,菜豆的抗坏血酸含量不断降低。在贮藏的前 3 d,各处理组的抗坏血酸含量均下降,其中 CK1 下降的最多,降低了 5.20 mg/g,处理 2 下降的最少,仅下降了 0.96 mg/g。在贮藏到第 6 d,各处理组的抗坏血酸含量快速下降,CK1 的下降幅度最大,处理 1 的下降幅度最小,并且从第 6 d 开始,处理 1 的抗坏血酸含量显著高于其他处理组 ($p < 0.05$)。在贮藏 6~12 d,各处理组的抗坏血酸含量均显著高于 CK1 ($p < 0.05$)。这说明处理之后能够使抗坏血酸含量的下降速度减缓,而经酸性电生功能水处理之后效果最佳,碱性电生功能水次之。

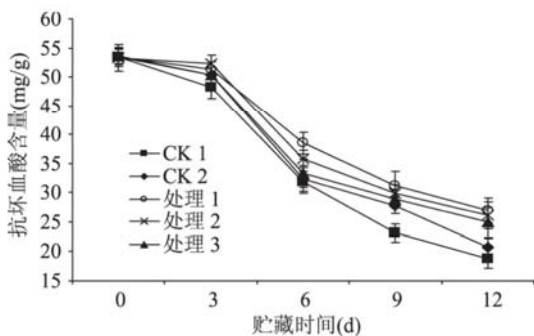


图 10 不同处理对菜豆贮藏期间抗坏血酸含量的影响

Fig.10 Effect on ascorbic acid content of *Phaseolus vulgaris* L. treated with different treatment during storage

2.6 不同处理对菜豆贮藏期间锈斑指数和商品率的影响

锈斑是菜豆贮藏过程中的常见现象,锈斑指数越小,表明锈斑的发生程度越轻,并且锈斑指数对商品率的影响很大。由图 11、图 12 可看出,菜豆经不同的处理后贮藏 12 d,与 CK1 和 CK2 相比,处理 1 的菜豆锈斑指数最小(45%),商品率最高(60%),处理 2 的锈斑指数较高(50.33%),商品率较低(52%),处理 3 的锈斑指数最高,达到 57.67%,商品率最低,仅为 40%。这表明:经过三种不同的处理,可不同程度的降低菜豆的锈斑指数,提高其商品率,其中酸性电生功能水的效果最佳。这可能是由于酸性电生功能水较低的 pH 使得引发菜豆锈斑的酶活性受到抑制有关。

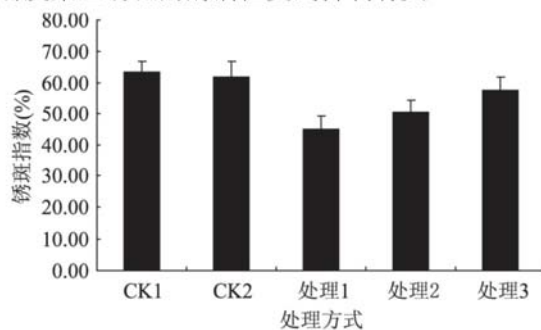


图 11 不同处理对菜豆贮藏 12 d 后锈斑指数的影响

Fig.11 Effect on rust spot index of *Phaseolus vulgaris* L. treated with different treatment after 12 days

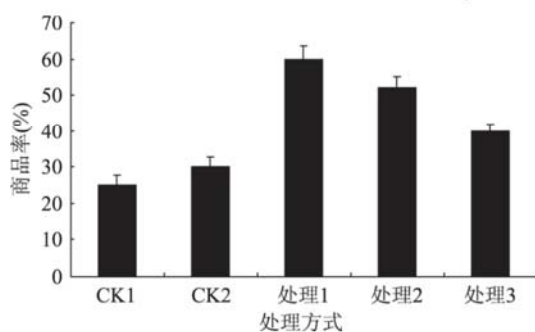


图 12 不同处理对菜豆贮藏 12 d 后商品率的影响

Fig.12 Effect on commodity rate of *Phaseolus vulgaris* L. treated with different treatment after 12 days

3 结论

与碱性电生功能水和次氯酸钠溶液相比,酸性电生功能水处理不仅能够起到杀菌的作用,并且在贮藏期内使得菜豆表面的微生物数量一直维持在较低的水平。同时,本实验结果表明,在菜豆贮藏期间,酸性电生功能水处理能够较好地保持菜豆的色泽、降低失水,维持相对较高的硬度、还原糖、抗坏血酸、叶绿素含量,并且可以在降低菜豆的锈斑指数和提高商品率方面起到很好的作用。因此,菜豆采用酸性电生功能水进行处理,能够减少微生物污染,提高贮藏中的品质,减少贮藏损失,对菜豆能起到一定的保鲜效果。另有研究表明^[11]碱性电生功能水对去除农药残留具有良好的效果,因此可将酸性电生功能水与碱性电生功能水结合运用于果蔬采后保鲜,这一方面还有待于进一步的研究。通过本实

验的研究表明,电生功能水在果蔬保鲜方面具有潜在的应用价值,对于其适用范围和作用机理,需要进行更加深入的研究,以期使其能够更好的应用于果蔬保鲜。

参考文献

[1] 韩玉珠,薛艳杰,宋述尧.菜豆采后生理及贮藏技术的研究进展[J].食品科学,2013,34(13):345-349.
 [2] 王利斌,姜丽,石韵,等.气调贮藏对四季豆生理生化特性的影响[J].食品科学,2013,34(08):289-293.
 [3] 缪颖,田维娜,郝长敏.壳聚糖处理延缓采后菜豆豆荚纤维化的研究[J].中国农业大学学报,2012,17(1):132-137.
 [4] 黄漫青,韦强,孙瑞,等.冰袋预冷对豆角贮藏品质的影响[J].北京农学院学报,2015,30(2):104-109.
 [5] 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(02):366-370.
 [6] 李华贞,郑淑方,宋曙辉,等.酸性电解水对果蔬杀菌及保鲜效果的研究[J].现代食品科技,2011,27(3):361-365.
 [7] Sakurai, Nakatsums, Satoy, et al. Endoscope contamination from HBV and HCV positive patients and evaluation of a cleaning/disinfecting method using strongly acidic electrolyzed water[J]. Digestive Endoscopy, 2003, 15(1):19-24.
 [8] WANG Jingjing, LIN Ting, LI Jibing, et al. Effect of acidic electrolyzed water ice on quality of shrimps in dark condition[J]. Food Control, 2014, 35(1):207-212.
 [9] 贾国梁,石晶盈,李法德.电生功能水抑制微生物及其产

生毒素研究进展[J].食品科学,2015,36(03):265-271.
 [10] 郝健雄,王愈.酸性电解水处理对草莓采后生理的影响[J].温室园艺,2006(5):36-38.
 [11] 王愈,郝建雄,李里特.电生功能水和静电场处理对草莓采后生理的影响[J].农业工程学报,2006,22(03):184-187.
 [12] 李华贞,刘海杰,宋曙辉,等.微酸性电位水杀灭菠菜表面微生物的影响[J].食品科学,2011,32(17):95-99.
 [13] 郝建雄,李里特.电生功能水消除蔬菜农药残留的实验研究[J].食品工业科技,2006,27(5):164-166.
 [14] 牛天贵,张宝芹.食品微生物检验[M].北京:中国计量出版社,2004.
 [15] 曹建康.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007.
 [16] [Liao L B, Chen W M, Xiao X M. The generation and inactivation mechanism of oxidation-reduction potential of electrolyzed oxidizing water[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(4):1326-1332.
 [17] Marriott N G, Gravani R B. Principles of food sanitation[J]. Springer, 2006, 17:37-42.
 [18] 纪淑娟,齐谨宇,魏宝东,等.电位水对黄瓜表面杀菌及常温货架期保鲜效果的影响.食品与发酵科技,2014,12:190-195.
 [19] 李克娟,郝建雄,刘海杰,等.酸性电生功能水对鲜榨梨汁品质的影响[J].食品工业科技,2012,33(8):132-136.
 [20] 张鹏,李江阔,张平,等.不同保鲜剂处理对油豆角采后生理品质的影响[J].北方园艺,2012(17):168-170.

(上接第323页)

藕褐变相关酶活的影响[J].食品工业技术,2013,34(22):290-293.
 [12] 唐偲雨,周金源,张玲,等.不同清洗方式对鲜切马铃薯品质的影响[J].西南农业学报,2015,3(28):1268-1272.
 [13] 龙婉蓉,郭蕴涵,赵翠萍,等.高密度CO₂预处理对樱桃番茄干燥的影响[J].贮藏保鲜,2012,4(33):387-389.
 [14] 中华人民共和国卫生部.GB 47892-2010.食品微生物学检验菌落总数测定[S].北京:中国标准出版社,2010.
 [15] 李军.钼蓝比色法测定还原型维生素C[J].食品科学,2000,21(8):42-45.
 [16] 段光明.叶绿素含量测定中 Anron 公式的推导[J].植物生理学通讯,1992,28(2):221-222.
 [17] Chen Jiluan, Zhang Jing, Song Lijun, et al. Changes in microorganism, enzyme, aroma of hami melon (cucumis melo L.) juice treated with dense phase carbon dioxide and stored at 4 °C[J]. Innovative food science and emerging technologies. 2011, (11):623-629.
 [18] Ferrentino Giovanna, Calliari Nicola, et al. Validation of a mathematical model for predicting high pressure carbon dioxide inactivation kinetics if Escherichia coli spiked on fresh cut carrot[J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2014, 85:17-23.
 [19] Ferrentino Giovanna, Spilimbergo Sara. High pressure carbon dioxide combined with high power ultrasound pasteurization of fresh cut carrot[J]. The Journal of Supercritical Fluids, 2015, 105(23):170-178.
 [20] 顾丰颖,卢嘉,王晓拓,等.高密度二氧化碳技术的杀菌

机制及其在食品工业中的应用[J].中国农业科技导报,2013,15(6):162-166.
 [21] JUNG Laeseung, LEE Seunghwan, KIM Sungkyun, et al. Effects of high hydrostatic pressure on the quality-related properties of carrot and spinach[J]. Food Science Biotechnol, 2013, 22:189-195.
 [22] HONG Shan, YUN Yan. Membrane damage and enzyme inactivation of Lactobacillus plantarum by high pressure CO₂ treatment[J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 63:19-28.
 [23] 徐玉娟,温靖,肖更生,等.高密度二氧化碳对荔枝汁品质的影响[J].食品科学,2012,33(15):71-74.
 [24] 田晓琴,曹雨莉,胡亚云,等.超高压处理压力对西瓜汁物理特性和保藏性能的影响[J].西北农林科技大学学报,2008,36(3):208-212.
 [25] Arthur Hutkins, Loren Nannen. pH homeostasis in lactic-acid bacteria[J]. J. Dairy Science., 1993, 76(8):2354-2365.
 [26] Miguel Meirelles de Oliveira, Alline Artigiani Lima Tribst, et al. Effects of high pressure processing on cocoyam, Peruvian carrot and sweet potato: Changes in microstructure, physical characteristics, starch, and drying rate[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2015, 31:45-53.
 [27] Dolores Valverde, Marin Iniesta, Calvo, et al. Inactivation of Saccharomyces cerevisiae in Conference Pear with high pressure carbon dioxide and effects on pear quality[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 98:421-428.