

复合清洗方式对鲜切散叶生菜品质的影响

乔永祥, 谢晶, 雷昊, 张栓栓
(上海海洋大学, 上海 201306)

摘要: **目的** 研究复合清洗方式对鲜切生菜品质的影响, 为新型清洗消毒方式在鲜切蔬菜中的应用提供理论依据。**方法** 以鲜切散叶生菜为研究对象, 分别研究在 4 ℃ 贮藏条件下, 自来水、次氯酸钠、酸性电解水结合次氯酸钠、臭氧结合次氯酸钠等 4 种清洗方式对其感官品质、理化指标和微生物生长情况的影响。**结果** 臭氧结合次氯酸钠处理的鲜切生菜感官评分最高, 可以有效保持维生素 C 和叶绿素的含量, 抑制微生物的生长繁殖和多酚氧化酶活性, 在第 12 天其质量损失率仍低于 5%, 具有食用价值。**结论** 经臭氧结合次氯酸钠浸泡 10 min 处理的鲜切散叶生菜, 有很好的感官品质, 其货架期也得到了延长。

关键词: 鲜切生菜; 清洗方式; 感官品质; 货架期

中图分类号: TS255.36 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)11-0011-06

Effect of Compound Cleaning Methods on the Quality of Fresh-cut Leafy Lettuce

QIAO Yong-xiang, XIE Jing, LEI Hao, ZHANG Shuan-shuan
(Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

ABSTRACT: The work aims to study the effect of compound cleaning methods on the quality of fresh-cut lettuce, so as to provide a theoretical basis for the application of new cleaning and disinfection methods in fresh-cut vegetables. The influences of cleaning conducted respectively with tap water, sodium hypochlorite, acidic electrolytic water combined with sodium hypochlorite and ozone combined with sodium hypochlorite on the sensory quality, physical and chemical indices and microorganism of fresh-cut leafy lettuce during storage at 4 ℃ were studied. The fresh-cut lettuce treated by ozone combined with sodium hypochlorite had the highest sensory score, and it could effectively maintain the content of vitamin C and chlorophyll, inhibit the growth and reproduction of microorganisms and the activity of polyphenol oxidase (PPO), and its mass loss rate was still lower than 5% with edible value at the 12th day. The fresh-cut leafy lettuce treated by ozone combined with sodium hypochlorite for 10 min maintains very good sensory quality and its shelf life is also extended.

KEY WORDS: fresh-cut lettuce; cleaning method; sensory quality; shelf life

生菜又称叶用莴苣, 根据叶的形态可分为散叶生菜和结球生菜, 是一种营养丰富又绿色健康的绿叶蔬菜, 生菜中富含维生素、碳水化合物和矿物质等营养物质, 备受人们的青睐^[1]。随着人们生活水平的提高, 鲜切生菜由于方便食用越来越受到人们的喜爱, 特别是在生活节奏较快的大城市, 鲜切生菜的需求量越来越大^[2]。在生产销售过程中切割边缘褐变是鲜切生菜最常见的问题之一, 由于机械损伤, 导致褐变反应加剧、呼吸作用加强和加速生菜腐烂变质等一系列不良

反应, 生菜的货架期缩短^[3]。找到切实可行的加工工艺对维持生菜的感官品质十分重要。

清洗消毒是新鲜蔬菜生产加工中的重要环节, 它可以清除蔬菜表面污泥和切割造成的残留汁液, 同时结合消毒剂, 抑制微生物生长繁殖, 控制由微生物引起的腐败变质, 延长鲜切蔬菜的货架期^[4]。目前国内外对清洗消毒剂在新鲜蔬菜中的应用已有了大量的研究, 如不同类型的电解水、低浓度含氯消毒剂、臭氧等^[5-8], 但对复合清洗消毒剂在鲜切生菜中的应用

收稿日期: 2016-11-22

基金项目: 2015 年度国家星火计划 (2015GA680007); 上海市绿叶菜产业体系建设项目

作者简介: 乔永祥 (1992—), 男, 上海海洋大学硕士生, 主攻蔬菜保鲜。

通讯作者: 谢晶 (1968—), 女, 博士, 上海海洋大学教授, 主要研究方向为食品保鲜。

研究较少。文中实验以自来水处理为对照组,单独次氯酸钠、酸性电解水结合次氯酸钠和臭氧结合次氯酸钠的复合清洗为处理组,研究上述前处理对贮藏于 4℃ 条件下的切割生菜感官品质、理化指标和微生物生长等的影响,从而为新型清洗消毒方式在鲜切蔬菜贮藏和加工产业中的应用提供理论依据。

1 实验

1.1 材料和设备

材料:选择购自上海市浦东新区临港新城古棕路菜市场的生菜为实验原料,并挑选颜色鲜亮、脆嫩、无腐烂虫害、大小一致的生菜。

设备:超净工作台,VS-1300L-U,苏净集团安泰有限公司;冰箱,BCD-252MHV,苏州三星电子有限公司;活氧机,OZ-6000,昆山芳成金属科技有限公司;电热鼓风干燥箱,DHG-9053A,上海一恒仪器有限公司;高速冷冻离心机,H-2050R-1型,长沙湘仪离心机有限公司;全自动压力蒸汽灭菌器,YXQ-LS-30SH,上海博讯实业有限公司;紫外分光光度计,UV-1102型,上海天美仪器有限公司;手持式折光仪,WYT-32型,泉州光学仪器厂;电热恒温培养箱,DHP-9162型,上海一恒科技有限公司。

1.2 清洗剂制取

1) 臭氧水。采用臭氧发生器制取臭氧水,按照碘量法测得臭氧质量浓度为 1.8 mg/L。

2) 酸性电解水。由电解氧化水机电解 NaCl 溶液产生 pH 值为 2.3,有效氯质量浓度为 60 mg/L 的酸性电解水。

3) 次氯酸钠。由次氯酸钠(质量分数≥10%)稀释到有效氯质量浓度为 100 mg/L 的次氯酸钠溶液。

1.3 方法

1.3.1 生菜预处理

挑选新鲜、无机械损伤、大小一致的生菜 10 kg,进行如下处理:自来水清洗 10 min、次氯酸钠清洗 10 min、酸性电解水结合次氯酸钠清洗 10 min 和臭氧水结合次氯酸钠清洗 10 min,并分别记为 CK, A, B, C 组,捞出沥干,将整棵生菜切成 3 cm 左右的小段并装入 PE 袋,每袋约 100 g,放入 4℃ 冰箱中冷藏保存,每次实验每组样品随机抽取 2 袋,每隔 2 d 测 1 次感官、理化指标及细菌总数。

1.3.2 感官质量评价

参照 King 等^[9]的方法,并稍加修改。每次邀请 3 名经过一定蔬菜感官评价培训的人员,采用数字化评分方法(1~9 分)对各实验结果进行判别打分:9

分为色泽鲜艳,质地脆嫩,无褐变;7 分为色泽较鲜艳,无异味;5 分为色泽黯淡,轻微褐变;3 分为褐变严重,叶片萎蔫,有异味;1 分为严重腐烂,有异味。

1.3.3 细菌菌落总数的测定

参照 GB/T 4789.2—2008 进行菌落总数的测定。

1.3.4 理化指标测定

1) 质量损失率。质量损失率 = $\frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$,

其中 m_1 为贮藏前样品生菜的质量, m_2 为经过不同贮藏时间后样品生菜的质量。

2) 维生素 C 含量。参照 GB 6195—1986 进行 2,6-二氯酚法测定^[10]。

3) 叶绿素含量。采用分光光度计测量^[11]。

4) 电导率。参考 Lopez-Galvez 等^[12]方法进行测量。

5) 多酚氧化酶活性。参考 Zhan 等^[13]方法进行测定。

6) 可溶性固形物含量的测定。采用折光仪法,用手持式折光仪进行测定。

1.3.5 数据处理

各指标均进行 3 次平行实验,采用 Microsoft Excel 2013 软件进行数据整理,实验结果以“平均值±标准差”表示;用 Origin 7.5 软件绘图,应用 SPSS Statistics 19.0 进行差异显著分析($P < 0.05$ 为差异显著)。

2 结果与分析

2.1 感官品质

复合清洗方式对鲜切生菜感官品质的影响见图 1,可知随着鲜切生菜贮藏时间的延长,各处理组感官评分呈下降趋势。对照组在第 6 天时鲜切生菜已经开始出现轻微黄化褐变,第 12 天时感官评分为 3.8 分,已经有腐烂迹象,叶片萎蔫,失去食用价值,这是因为生菜经切割处理后造成了组织结构的破坏,导致乙烯产生,从而引起一系列的生理变化,如菜叶褐变、黄化^[14];经臭氧结合次氯酸钠处理的生菜效果最好,货架期最长,贮藏至第 12 天时仍具有良好的感官品质和食用价值;与臭氧结合次氯酸钠相比,酸性电解水结合次氯酸钠处理组虽然在第 12 天时仍具有较高的评分,但其处理后会有刺鼻气味,影响感官评分,这是因为电解水中包含高活性的氯气,在搅拌和光照等条件下易挥发,从而产生刺激性气味^[15]。由此可见,经臭氧结合次氯酸钠处理后的鲜切生菜的感官品质最好。

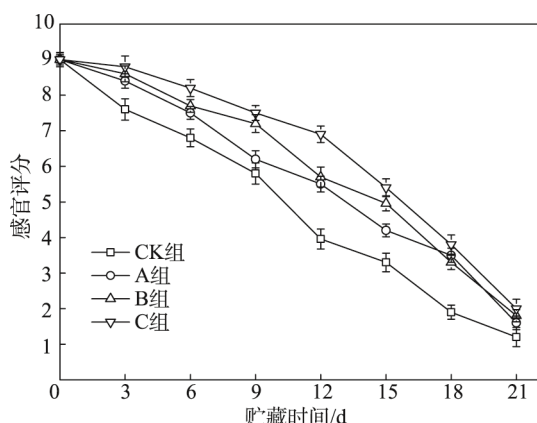


图 1 复合清洗方式对鲜切生菜感官品质的影响

Fig.1 Effect of compound cleaning ways on the sensory quality of fresh-cut lettuce

2.2 细菌菌落总数

生菜经鲜切处理后, 汁液会流出, 容易滋生微生物, 加快生菜的腐烂变质, 使用清洗消毒剂处理可以清洗鲜切生菜表面残留的汁液, 并抑制一定量的微生物生长。复合清洗方式对鲜切生菜细菌总数的影响见图 2, 可以看出, 不同处理组随着贮藏时间的延长, 细菌总数均呈上升趋势, 与对照组相比, 次氯酸钠、酸性电解水复合清洗和臭氧复合清洗差异显著 ($P<0.05$) 且上升趋势较缓, 说明清洗方式具有抑菌效果。在贮藏第 6 天, 对照组细菌总数达到 6.5 lg(CFU/g), 根据张立奎等^[16]的研究显示, 当细菌总数大于 6 lg(CFU/g) 时, 生菜组织就会腐败变质, 说明用自来水清洗的鲜切生菜此时已经开始腐烂变质。由图 2 可知, 次氯酸钠处理组和酸性电解水结合次氯酸钠处理组分别在第 9 天和第 12 天时, 细菌总数超过 6 lg(CFU/g), 而臭氧结合次氯酸钠处理组在第 12 天时细菌总数仍低于腐败变质上限, 在第 15 天才达到 6.32 lg(CFU/g)。这可能是因为臭氧水与次氯酸钠的抑菌作用相互叠加, 更好抑制了微生物生长, 延缓了腐烂变质。由此可见, 臭氧结合次氯酸钠清洗的处理方式对鲜切生菜的抑菌效果最好。

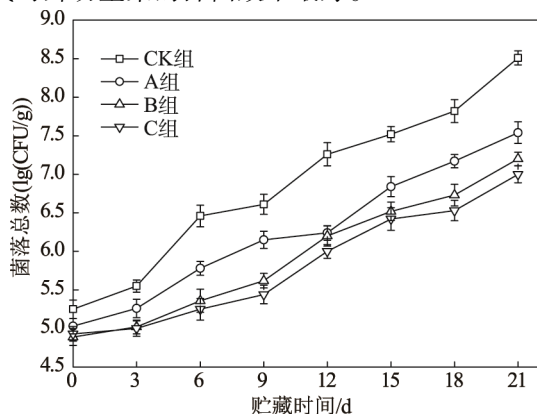


图 2 复合清洗方式对鲜切生菜细菌总数的影响

Fig.2 Effect of compound cleaning ways on the total bacterial count of fresh-cut lettuce

2.3 质量损失率

鲜切生菜中含有大量的水分, 在贮藏过程中, 由于生菜叶表面积较大, 组织器官通过蒸腾作用和呼吸作用丧失水分, 造成干物质损耗, 导致鲜切生菜质量减少。复合清洗方式对鲜切生菜质量损失率的影响见图 3, 由图 3 可知, 通过 4 种清洗方式处理的鲜切生菜, 在贮藏期间, 质量损失率均呈上升趋势。有研究表明^[17-18], 当生菜在贮藏期的质量损失达到贮藏初始质量的 5% 时, 就会呈现明显的萎焉状态, 不再被消费者接受, 失去食用价值。该实验中, 对照组在贮藏第 12 天时其质量损失率超过 5%, 由感官评价可知此时对照组已有腐烂变质迹象, 叶片萎焉, 因此质量损失较多。酸性电解水结合次氯酸钠和臭氧结合次氯酸钠处理组在贮藏第 12 天时其质量损失率仍低于 5%, 两者差异不显著 ($P>0.05$)。

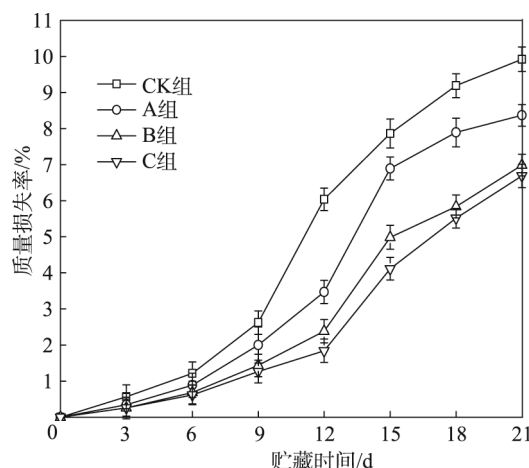


图 3 复合清洗方式对鲜切生菜质量损失率的影响

Fig.3 Effect of compound cleaning ways on the weight loss rate of fresh-cut lettuce

2.4 维生素 C 含量

鲜切蔬菜中营养物质维生素 C 容易被氧化, 造成损失。复合清洗方式对鲜切生菜维生素 C 含量的影响见图 4。从图 4 可以看出, 在贮藏期间维生素 C 含量呈下降趋势, 贮藏初期维生素 C 损失速度较快, 12 d 后维生素 C 损失速度趋于平缓, 其中经臭氧结合次氯酸钠处理后的生菜其维生素 C 含量下降速度明显比其他处理组较缓 ($P<0.05$)。在贮藏第 12 天, 臭氧处理组生菜的维生素 C 含量明显高于其他处理组, 高达 5.8 mg/(100 g), 说明臭氧结合次氯酸钠清洗处理对生菜的维生素 C 有一定的保护作用, 可能是因为臭氧水具有强氧化性, 抑制了抗坏血酸氧化酶的活性, 降低了其化学反应速度^[19], 从而对贮藏期间鲜切生菜中的维生素 C 起到保护作用。这与林永艳等^[20]的研究结果一致, 即臭氧对生菜维生素 C 的保护效果最好。

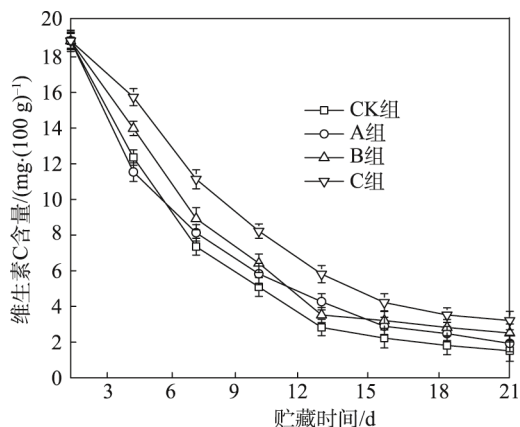


图4 复合清洗方式对鲜切生菜维生素C含量的影响
Fig.4 Effect of compound cleaning ways on the vitamin C of fresh-cut lettuce

2.5 叶绿素含量

新鲜蔬菜中的叶绿素由于其不稳定容易被分解,从而使叶菜黄化,影响外观,失去商业价值甚至食用价值^[21]。复合清洗方式对鲜切生菜叶绿素含量的影响见图5。由图5可知,鲜切生菜的初始叶绿素含量为3.58 mg/g,随着贮藏时间的延长,叶绿素含量呈下降趋势,其中酸性电解水结合次氯酸钠和次氯酸钠处理组差异不显著($P>0.05$),臭氧结合次氯酸钠处理组损失速率最慢,而对照组中叶绿素含量下降最快,可能是因为臭氧可以钝化叶绿素水解酶的活性,并可分解一些催熟成分,如乙烯、醛类和醇类等,从而延缓了叶绿素的分解^[22]。该实验结果与王宏^[23]等的研究结果一致,即臭氧对生菜具有保绿作用。

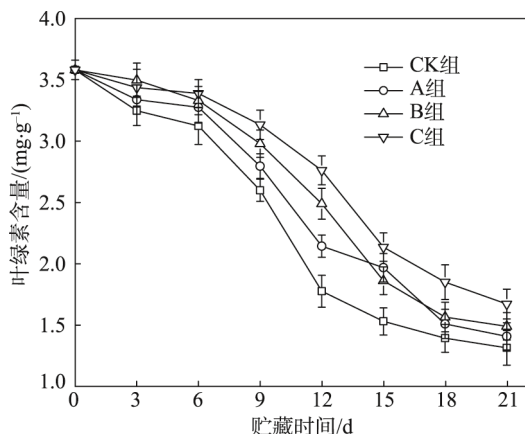


图5 复合清洗方式对鲜切生菜叶绿素含量的影响
Fig.5 Effect of compound cleaning ways on the chlorophyll content of fresh-cut lettuce

2.6 相对电导率

相对电导率是反映细胞膜通透性大小的一个重要指标,植物组织在贮藏过程中,若细胞膜受到损伤,则细胞液会发生外渗,从而导致相对电导率增加,一般来说,相对电导率越大,细胞膜透性增加,植物组织衰老程度加剧,因此相对电导率也是评价蔬菜萎蔫

黄化的一个重要指标^[24]。复合清洗方式对鲜切生菜相对电导率的影响见图6,可以看出,在贮藏期间各处理组的相对电导率随着时间的延长而增加,其中对照组的相对电导率上升最快。与单独次氯酸钠清洗处理相比,在贮藏第9天,电解水结合次氯酸钠和臭氧结合次氯酸钠处理组的相对电导率差异显著($P<0.05$),说明复合清洗处理可以延缓细胞膜通透性的增加。在整个贮藏过程中,2种复合清洗处理方式差异不显著($P>0.05$),但臭氧复合清洗组相对电导率比酸性电解水复合清洗组、对照组和单独次氯酸钠处理的相对电导率都低,这可能是由于臭氧具有强氧化性,可以氧化蔬菜中的有害物质,如烯醇类物质,从而维持细胞膜的稳定,延缓电导率的增加,延长其货架期^[25]。

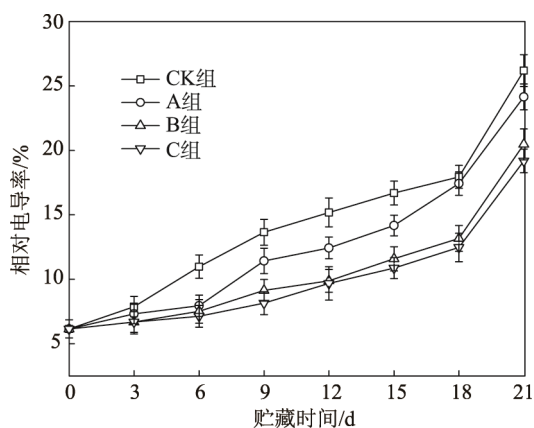


图6 复合清洗方式对鲜切生菜相对电导率的影响
Fig.6 Effect of compound cleaning ways on the relative electrical conductivity of fresh-cut lettuce

2.7 多酚氧化酶活性

多酚氧化酶(PPO)在酶促褐变中占主导因素,其与生菜中的多酚化合物及其衍生物发生反应导致褐变,一般多酚氧化酶活性越高,褐变程度越大。复合清洗方式对鲜切生菜多酚氧化酶活性的影响见图7,由图7可知,各处理组表现出类似的趋势,即先上升后下降,这种趋势与鲁莉莎等^[26]的研究相符。在贮藏第6天,对照组PPO活性显著增加,在第9天达到最高峰,这可能是因为贮藏初期,生菜经鲜切处理后,细胞组织被破坏,加速褐变反应速度;在贮藏第12天,PPO活性迅速下降,这可能是由于随着贮藏时间的延长,鲜切生菜达到贮藏末期,酶促反应底物减少,导致酶活性降低。在整个贮藏期间,各处理组峰值在第12天才出现,说明清洗处理可以延缓褐变速度,其中臭氧结合次氯酸钠处理组的PPO活性最低,且峰值低于其他处理组。这可能是因为臭氧具有强氧化性,可抑制多酚氧化酶的活性,同时杀灭微生物,减少微生物对生菜组织结构造成的腐烂变质,降低褐变速度,从而使PPO活性保持较低的水平^[27]。

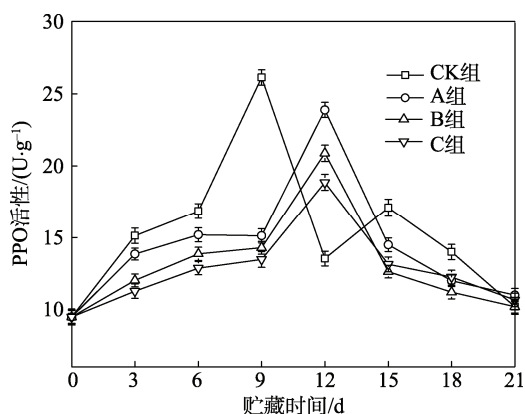


图 7 复合清洗方式对鲜切生菜多酚氧化酶活性的影响
Fig.7 Effect of compound cleaning ways on the activity of polyphenol oxidase in fresh-cut lettuce

2.8 可溶性固形物含量

蔬菜中的可溶性固形物主要是可溶性糖,其含量直接反映蔬菜的成熟程度和品质状况。复合清洗方式对鲜切生菜可溶性固形物含量的影响见图 8,可以看出,不同清洗处理的鲜切生菜在贮藏期间的可溶性固形物含量呈下降趋势,其中对照组在前 12 d 下降幅度较大,之后趋于平缓,而实验组的可溶性固形物含量下降较慢,且实验组之间的差异不显著($P>0.05$)。

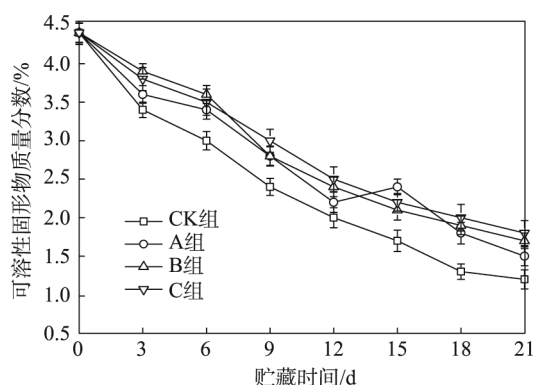


图 8 复合清洗方式对鲜切生菜可溶性固形物含量的影响
Fig.8 Effect of compound cleaning ways on the soluble solid content of fresh-cut lettuce

3 结语

与对照组相比,不同清洗方式的处理可以较好地抑制微生物的生长繁殖,维持鲜切生菜的感官品质。臭氧结合次氯酸钠处理能很好地抑制微生物的生长繁殖,在贮藏第 12 天细菌总数仍低于 $6 \lg(\text{CFU/g})$,具有商业价值。与次氯酸钠处理组相比,臭氧结合次氯酸钠处理可以很好地维持维生素 C 和叶绿素的含量;控制鲜切生菜的质量损失,在第 12 天其质量损失率仍低于 5%;可抑制 PPO 活性,有效地维持鲜切生菜的细胞膜的稳定性,延缓鲜切生菜褐变萎蔫,从而延长鲜切生菜的货架期。虽然酸性电解水结合次氯

酸钠处理也可以很好地抑制微生物的生长繁殖,但电解水、次氯酸钠处理都会有余氯残留,联合使用可能会增加余氯的残留,危害人体健康。臭氧和次氯酸钠结合处理是一种有效延长鲜切生菜货架期、减少营养损失、维持感官品质的贮藏保鲜方法。

参考文献:

- [1] CHEN Z, ZHU C, ZHANG Y, et al. Effects of Aqueous Chlorine Dioxide Treatment on Enzymatic Browning and Shelf-life of Fresh-cut Asparagus Lettuce[J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2010, 58(3): 232—238.
- [2] RAMOS B, MILLER F A, BRANDÃO T R S, et al. Fresh Fruits and Vegetables: An Overview on Applied Methodologies to Improve Its Quality and Safety[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2013, 20(4): 1—15.
- [3] VANDEKINDEREN I, CAMP J V, MEULENAER B D, et al. Moderate and High Doses of Sodium Hypochlorite, Neutral Electrolyzed Oxidizing Water, Peroxyacetic Acid, and Gaseous Chlorine Dioxide Did not Affect the Nutritional and Sensory Qualities of Fresh-Cut Iceberg Lettuce after Washing[J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2009, 57(10): 4195—4203.
- [4] 杨炳南, 刘斌, 杨延辰, 等. 国内外果蔬鲜切加工及保鲜技术研究现状[J]. *农产品加工(学刊)*, 2011(10): 36—40.
YANG Bing-nan, LIU Bin, YANG Yan-chen, et al. Fresh-cut Processing Preservation Technology[J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2011 (10): 36—40.
- [5] AFARI G K, HUNG Y C, KING C H, et al. Reduction of Escherichia Coli O157: H7 and Salmonella Typhimurium DT 104 on Fresh Produce Using an Automated Washer with Near Neutral Electrolyzed (NEO) Water and Ultrasound[J]. *Food Control*, 2015(3): 246—254.
- [6] ZHANG C, CAO W, HUNG Y C, et al. Application of Electrolyzed Oxidizing Water in Production of Radish Sprouts to Reduce Natural Microbiota[J]. *Food Control*, 2016(7): 177—182.
- [7] ALLENDE A, SELMA M V, LÓPEZ-GÁLVEZ F, et al. Role of Commercial Sanitizers and Washing Systems on Epiphytic Microorganisms and Sensory Quality of Fresh-cut Escarole and Lettuce[J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2008, 49(1): 155—163.
- [8] ALEXOPOULOS A, PLESSAS S, CECIU S, et al. Evaluation of Ozone Efficacy on the Reduction of Microbial Population of Fresh Cut Lettuce (Lactuca Sativa) and Green Bell Pepper (Capsicum Annuum)[J]. *Food Control*, 2013, 30(2): 491—496.
- [9] KING A D, MAGNUSON J. Microbial Flora and Sto-

- rage Quality of Partially Processed Lettuce[J]. Food Science, 1991, 56(2): 459—461.
- [10] 李合生. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- LI He-sheng. Principles and Techniques of Plant Physiology and Biochemistry Experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 2001.
- [11] INSKEEP W P, BLOOM P R. Extinction Coefficients of Chlorophyll A and B in n, n-dimethylformamide and 80% Acetone[J]. Plant Physiology, 1985, 77(2): 483—485.
- [12] LOPEZ-GALVEZ F, RAGAERT P, PALERMO L A, et al. Effect of New Sanitizing Formulations on Quality of Fresh-Cut Iceberg Lettuce[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013(5): 102—108.
- [13] ZHAN L J, LI Y, HU J Q. Browning Inhibition and Quality Preservation of Fresh-cut Romaine Lettuce Exposed to High Intensity Light[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2012(14): 70—76.
- [14] 梁锦丽. 影响鲜切果蔬品质的因素及其保鲜技术[J]. 保鲜与加工, 2007, 7(2): 8—10.
- LIANG Jin-li. Factors Affecting Quality and Preservation Techniques of Fresh-cut Fruits and Vegetables[J]. Storage & Process, 2007, 7(2): 8—10.
- [15] LEN S V, HUNG Y C, CHUNG D, et al. Effects of Storage Conditions and pH on Chlorine Loss on Electrolyzed Oxidizing (EO) Water[J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2002, 50(1): 209—212.
- [16] 张立奎, 陆兆新, 汪宏喜. 鲜切生菜在贮藏期间的微生物生长模型[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(2): 107—110.
- ZHANG Li-kui, LU Zhao-xin, WANG Hong-xi. Microorganism Growth Model on Storage of Fresh-cut Lettuce[J]. Food and Fermentation Industries, 2004, 30(2): 107—110.
- [17] 郭娟, 张进, 闫丹丹. 鲜切生菜联合保鲜技术研究[J]. 食品与机械, 2015(2): 199—202.
- GUO Juan, ZHANG Jin, YAN Dan-dan. Study of Joint Preservation Packaging Technology of Fresh-cut Lettuce[J]. Food and Machinery, 2015(2): 199—202.
- [18] MARTÍN-DIANA A B, RICO D, BARRY-RYAN C, et al. Efficacy of Steamer Jet-injection as Alternative to Chlorine in Fresh-cut Lettuce[J]. Postharvest Biology & Technology, 2007, 45(1): 97—107.
- [19] 邓义才, 赵秀娟. 臭氧的保鲜机理及其在果蔬贮运中的应用[J]. 广东农业科学, 2005(2): 67—69.
- DENG Yi-cai, ZHAO Xiu-juan. The Preservation Mechanism of Ozone and Its Application in the Storage of Fruits and Vegetables[J]. Journal of Guang dong Agricultural Sciences, 2005(2): 67—69.
- [20] 林永艳, 谢晶, 朱军伟, 等. 清洗方式对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 211—213.
- LIN Yong-yan, XIE Jing, ZHU Jun-wei, et al. Effects of Different Washing Agents on the Preservation of Fresh-cut Lettuce[J]. Food and Machinery, 2012, 28(1): 211—213.
- [21] 杨晓棠, 张昭其, 庞学群. 果蔬采后叶绿素降解与品质变化的关系[J]. 果树学报, 2005, 22(6): 691—696.
- YANG Xiao-tang, ZHANG Zhao-qi, PANG Xue-qun. Effect of Chlorophyll Degradation on Post-harvest Quality of Fruits and Vegetables[J]. Journal of Fruit Science, 2005, 22(6): 691—696.
- [22] 王宏延, 曾凯芳, 贾凝, 等. 臭氧水在鲜切蔬菜贮藏保鲜中应用的研究进展[J]. 食品科学, 2012(21): 355—358.
- WANG Hong-yan, ZENG Kai-fang, JIA Ning, et al. Recent Advances in Applications of Ozone Water in Storage and Preservation of Fresh-cut Vegetables[J]. Journal of Food Science, 2012(21): 355—358.
- [23] 王宏, 董大远. 清洗剂对生菜贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(8): 153—156.
- WANG Hong, DONG Da-yuan. Effect of Fresh-keeping Agent on the Preservation of Lettuce[J]. Food Research and Development, 2006, 27(8): 153—156.
- [24] 张留圈, 李艺, 梁颖, 等. 抗坏血酸钙对鲜切生菜品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(2): 454—459.
- ZHANG Liu-quan, LI Yi, LIANG Ying, et al. Effects of Calcium Ascorbate on Quality of Fresh-cut Iceberg Lettuce[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2016, 32(2): 454—459.
- [25] SHARMA M, HUDSON J B. Ozone Gas is an Effective and Practical Antibacterial Agent[J]. American Journal of Infection Control, 2008, 36(8): 559—563.
- [26] 鲁莉莎, 乔勇进, 段丹萍. 热处理对鲜切生菜生理生化品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(3): 451—457.
- LU Li-sha, QIAO Yong-jin, DUAN Dan-ping. Effect of Hot Water Treatment on Physiological and Biochemical Quality of Fresh-cut Lettuce[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2010, 32(3): 451—457.
- [27] 王肱, 谢晶. 臭氧水处理对鲜切茄子保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(15): 324—328.
- WANG Tai, XIE Jing. Effect of Ozonated Water on Preservation of Fresh-cut Eggplant[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(15): 324—328.