

清洗方式对空心菜采后保鲜效果的影响

杨冲^{1,3}, 谢晶^{1,2,3,4*}

1(上海海洋大学 食品学院, 上海, 201306) 2(农业部冷库及制冷设备质量监督检验测试中心(上海), 上海, 201306)

3(上海冷链装备性能与节能评价专业技术服务平台, 上海, 201306)

4(上海海洋大学 食品科学与工程国家级实验教学示范中心, 上海, 201306)

摘 要 以空心菜为对象, 研究不同清洗方式(次氯酸钠溶液, 有效氯浓度为 100 mg/L; 臭氧水, 活性氧浓度 1.8 mg/L; 超声波清洗, 40 Hz, 0.33 W/cm²)对空心菜采后贮藏保鲜效果的影响。结果表明, 这 3 种清洗处理有利于保持空心菜的感官品质, 维持较低的菌落总数水平, 延缓叶绿素、Vc 等含量下降, 其中臭氧水清洗保鲜效果最好, 相对于对照组货架期有效地延长了 3 d。

关键词 空心菜; 清洗; 贮藏; 保鲜; 货架期

空心菜(*Ipomoea equatica*)又名藤藤菜、蕹菜、通心菜、无心菜等, 旋花科、番薯属, 是一年或多年蔓性草本植物, 生长季节为夏秋两季, 分布于亚热带地区^[1]。空心菜含有大量维生素和微量元素, 具有清热、解毒、利尿、凉血的功效^[2]。空心菜叶片较薄, 叶片面积较大, 含水量较高, 采后流通、销售过程中, 品质极易下降(特别是在炎热的夏季)。品质降低主要表现在叶片失水萎蔫, 维生素、叶绿素等含量下降, 菌落数量上升。通过控制采后空心菜贮藏条件可以维持其品质。

净菜通常在贮藏之前需要通过清洗杀菌处理。由于次氯酸钠廉价、杀菌高效, 是我国目前允许使用的果蔬清洗主要杀菌剂, 我国卫生部规定允许使用有效氯含量为 100~200 mg/L 的次氯酸钠溶液作为蔬菜清洗剂^[3-4]。有些国家允许使用含有效氯浓度为不超过 200 mg/L 的次氯酸溶液作为蔬菜洗涤剂, 如西班牙等国还允许使用含 100 mg/L 次氯酸的清洗剂清洗蔬菜^[5-7]。不过这种清洗方式会产生微量 CHCl₃ 等有害副产物残留, 一些国家包括德国、瑞士、荷兰等已禁止使用次氯酸钠溶液作为蔬菜清洗剂。因而近年来许多新的、更加安全的清洗方式如臭氧水、超声波清洗等在果蔬清洗中得到了研究和应用。臭氧具有较强的杀菌特性和强氧化性, 能快速杀灭果蔬中的有害病菌和氧化乙烯, 从而延长蔬菜货架期,

美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)规定可以将臭氧水作为清洗杀菌剂用于食品清洗^[8-9]。超声波是一种非热杀菌技术, 在食品加工中用于灭活微生物, 有助于提高微生物安全性并延长货架期, 具有安全环保的特点^[10-11]。超声波清洗已作为一种重要的清洗技术应用于水果和蔬菜采后清洗加工中。本研究采用感官评价、菌落总数、V_C、水分迁移等指标比较新鲜空心菜经过不同清洗方式(自来水、次氯酸钠溶液、臭氧水和超声波清洗), 研究清洗后对其后期贮藏保鲜效果的影响, 旨在寻找空心菜的适宜清洗杀菌工艺, 为空心菜采后清洗工艺提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

空心菜: 购于上海市临港古棕桐路菜市场, 由农户采后立即配送至实验室, 要求颜色新鲜、大小均匀, 无病虫害及明显机械损伤。

抗坏血酸、NaCl、草酸、丙酮、CaCO₃、石英砂、NaHCO₃、2,6-二氯酚盐(分析纯), 国药集团化学试剂有限公司; 平板计数培养基(PCA), 青岛海博生物技术有限公司。

1.2 仪器与设备

LHS-100CA 型恒温恒湿培养箱, 上海一恒科学仪器有限公司; VS-1300L-U 型超净工作台, 苏净集团安泰有限公司; YXQ-LS-30SH 型全自动压力蒸汽灭菌器, 上海博讯实业有限公司; H-2050R-1 型高速冷冻离心机, 长沙湘仪离心机有限公司; WFZ UV-2100

第一作者: 硕士研究生(谢晶教授为通讯作者, E-mail: jxie@shou.edu.cn)。

基金项目: 上海市绿叶菜产业体系建设项目; 上海市科委公共服务平台建设项目(编号: 17DZ2293400)

收稿时间: 2018-04-19, 改回时间: 2018-05-11

型紫外可见分光光度计,上海龙尼柯仪器有限公司;SB-25-12DT 型超声波清洗机,宁波新芝生物科技股份有限公司;PQ 001 型台式脉冲核磁共振分析仪,上海纽迈电子科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 空心菜预处理

挑选无病虫害、无机械损伤、无干枯萎蔫、翠绿新鲜、大小一致的空心菜,切去茎基部,保留 15 ~ 20 cm 的嫩茎。将处理后的空心菜随机分为 4 组,每组 2 000 g 左右。参考前人对鸡毛菜、杭白菜等叶类蔬菜者洗保鲜的研究成果^[12-13],并根据预试验的研究结果,确定空心菜的不同清洗方式的清洗工艺如下表 1 所示。将清洗后的样品沥干,然后将每组样品用 0.18 mm 的 PE 包装袋包装,每组样品分装 24 袋,每袋重 80 g,贮藏在(10 ± 1)℃ 的恒温恒湿箱中。测定空心菜 Vc、叶绿素、水分含量、菌落总数等指标,每组进行 3 次平行试验,取其平均值。

表 1 不同处理方式

Table 1 Different processing methods

| 组别 | 处理方式 |
|--------|----------------------------------------------------|
| 自来水 | 使用自来水清洗 5 min |
| 次氯酸钠溶液 | 使用含有效氯为 100 mg/L 的次氯酸钠溶液清洗 5 min |
| 臭氧水 | 使用活氧浓度为 1.8 mg/L 的臭氧水清洗 5 min |
| 超声波 | 清洗频率为 40 kHz,功率 0.36 W/cm ² ,清洗时间 5 min |

1.3.2 感官质量评定

感官评定可参照文献[14]的评定方法,略作修改。挑选 5 名经过培训过的评定人员对空心菜的外观、色泽、气味等方面进行评定,采用数字化评分(1~9分):9 分为颜色光鲜,质地硬挺、平整;7 分为颜色较鲜艳、质地略平整伸展;5 分为颜色略微暗淡,小部分叶片发生黄化,轻微萎蔫、腐化,产生轻微异味;3 分为大部分叶片发生黄化,大部分叶片萎蔫、腐化,有明显异味产生;1 分为叶片严重黄化、腐败,腐味严重。

1.3.3 菌落总数测定

按 GB4789.2—2016《食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定》执行。

1.3.4 理化指标测试及方法

(1)水分变化测定:低场核磁共振 T_2 谱测定:取大小一致的空心菜叶片切成方形(2.5 cm × 3.5 cm),然后放入直径为 70 mm 的核磁检测管中。测试条件:

线圈温度 32 ℃,质子共振频率 24 MHz,使用 CPMG 序列,采样频率 SW 为 200 Hz,模拟增益 RG_1 为 20, P_1 为 18.00 μs,数字增益 PRG_1 为 3,TD 为 499 614, PRG_1 为 3,重复采样次数 TW 为 2 500 ms,累加次数 NS 为 16, P_2 为 37 μs,回波时间 T_E 为 0.25,回波个数 NECH 为 10 000。用上海纽迈科技有限公司提供的分析软件进行迭代反演得到 T_2 图谱^[15]。

T_2 图谱中每个波峰代表一种成分,峰的横坐标对应的是某种成分的弛豫时间,纵坐标对应的是弛豫信号强度,信号强度间接反应成分含量,峰面积越大表示某种成分含量越高。

(2)叶绿素含量测定:采用分光光度计测量^[16]。

(3)V_c 含量测定:用 2,6-二氯酚法^[17]。

(4)丙二醛(malondialdehyde,MDA)含量测定:采用硫代巴比妥酸法^[16]。

1.3.5 数据分析

各项指标均使用 Origin 8.5 软件进行处理及绘图,使用 SPSS 19.0 软件进行分析($P < 0.05$ 为显著差异)。

2 结果与分析

2.1 对空心菜感官品质的影响

感官品质是直观反映样品品质变化的重要指标。由图 1 可知,随着空心菜贮藏时间的延长,各组样品感官评分整体呈下降趋势,自来水清洗组(对照组)感官品质下降显著快于其他处理组。可见,适当的清洗处理可以较好地保持空心菜采后感官品质。对照组在第 9 天左右叶片开始失水萎蔫,并发生黄化、衰败,感官评分低于 5 分,低于消费者可接受程度;次氯酸钠溶液和超声波处理组样品在第 10 天的评分分别为 5 分、5.2 分,感官品质较差,而臭氧水处理组在第 12 天感官评分为 4.6 分,感官评分才低于 5 分。可见次氯酸钠溶液、臭氧水、超声波清洗处理有利于保

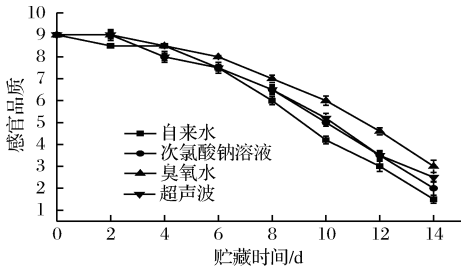


图 1 清洗方式对空心菜感官品质的影响
Fig. 1 Effect of different cleaning methods on sensory quality of Ipomoea aquatica

持样品贮藏过程中的感官品质,利于保鲜,其中臭氧水清洗的样品贮藏保鲜效果最佳。

2.2 对空心菜菌落总数变化的影响

菌落总数是衡量果蔬安全性的重要指标,直接决定果蔬的可食用性,根据张立奎等^[18]的研究结果,菌落总数低于 6 lg CFU/g,叶菜组织不会发生腐败。由图 2 可知,不同的清洗处理组样品菌落总数均呈现上升趋势。

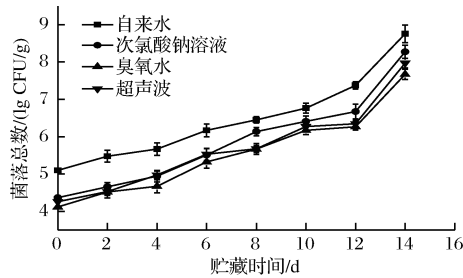
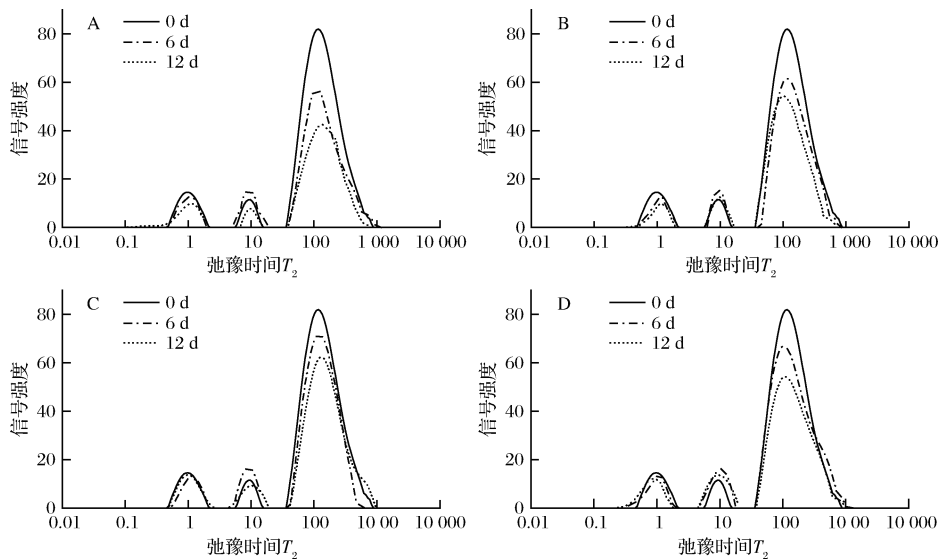


图 2 清洗方式对空心菜菌落总数的影响

Fig. 2 Effect of different cleaning methods on total viable count of *Ipomoea aquatica*

第 0 天,对照组、次氯酸钠溶液处理组、臭氧水处理组、超声波处理组样品的菌落总数分别为 5.1lg CFU/g、4.37lg CFU/g、4.12lg CFU/g、4.6lg CFU/g,可见开始贮藏时对照组菌落总数就明显高于其他组 ($P < 0.05$)。



A-自来水处理组;B-次氯酸钠溶液处理组;C-臭氧水处理组;D-超声波处理组

图 3 贮藏温度下空心菜 T_2 图谱

Fig. 3 Effect of different cleaning methods on T_2 relaxation spectra of *Ipomoea aquatica*

测定空心菜在 10 °C,经过不同清洗处理后的贮藏前、中、后 3 个贮藏阶段水分变化的 T_2 图谱,可得到空心菜通过不同清洗处理后在贮藏期间,从新鲜状

贮藏第 6 天时,对照组菌落总数就达到 6.17 lg CFU/g;次氯酸钠溶液处理组样品在贮藏第 8 天时菌落总数为 6.14lg CFU/g;臭氧水、超声波处理组样品贮藏至第 9 天时菌落总数才开始超过 6lg CFU/g。可见次氯酸钠溶液、臭氧水、超声波清洗杀菌处理可有效杀灭样品中的菌落,保持样品贮藏过程中微生物安全性,其中臭氧水、超声波处理组杀菌效果最明显,贮藏保鲜效果最佳。臭氧水较强的杀菌能力可能是因为臭氧与水反应生成活性氧化剂 $\cdot OH$,对细菌具有较强的杀灭效果^[19]。而超声波的杀菌机理是因为超声波在液体介质中传播时会产生气蚀作用,包括气泡的形成、变大以及溃灭,气蚀作用会产生局部的化学能和机械能,即气泡中蒸汽分解产生自由基并同时产生局部的高温、高压,所产生的化学能、机械能会造成微生物的失活^[20]。

2.3 对空心菜叶片水分变化的影响

水分是蔬菜的重要成分,其含量及分布状态与蔬菜的品质密切相关,由图 3 可知,空心菜叶片中的水分主要以 3 种状态存在:通常将弛豫时间最长的定义为自由水,即 T_{23} (20 ~ 1 000 ms),弛豫时间较长的定义为不易流动水,即 T_{22} (2 ~ 20 ms),弛豫时间最短的定义为结合水,即 T_{21} (0 ~ 2 ms)^[21-22]。

态到半新鲜状态、腐败状态时对应的水分迁移情况。由图 3 可知,通过信号强度及峰面积的变化可知贮藏过程中结合水和不易流动水含量变化缓慢,自由水含

量下降明显。4组样品在贮藏前期(0~6 d)结合水含量不断下降,不易流动水含量增加,贮藏后期(6~12 d)不易流动水含量不断下降。在整个贮藏过程中对照组自由水含量下降明显,其次为次氯酸钠、超声波处理组,变化最缓慢的为臭氧水处理组。这说明适当的清洗措施有利于延缓样品在贮藏过程中水分的迁移速度,保持样品的含水量,其中臭氧水清洗对样品水分的维持效果最佳。适宜的清洗杀菌处理延缓样品中水分迁移可能是因为样品经杀菌处理后,可以降低细菌对样品组织的破坏,从而降低因组织损伤而造成水分损失。此外,清洗剂可以抑制组织的衰老代谢,比如臭氧可以降低乙烯的含量,通过降低样品组织衰老代谢抑制水分含量的降低^[8]。

2.4 对空心菜叶绿素含量的影响

叶绿素的含量可作为衡量绿色叶菜色泽品质的重要指标,叶绿素降解是叶片衰老初期最明显的特征,采后贮藏过程中,叶绿素的降解,导致空心菜商品性的下降。由图4可知,在贮藏期间,各组样品中叶绿素含量呈整体下降趋势,其中第2天后,对照组叶绿素下降速率高于同期其他组别。贮藏第14天时,对照组叶绿素含量为0.82 mg/g,次氯酸钠溶液、臭氧水、超声波处理组叶绿素含量分别为0.86、0.93、0.90 mg/g,相较对照组,叶绿素保存率分别提高了4.9%、9.7%、13.4%。可见适宜的清洗措施有利于维持样品叶绿素含量,有利于空心菜的保鲜,其中臭氧水处理对空心菜叶绿素含量维持效果最佳,其次为超声波处理组、次氯酸钠溶液处理组。有研究指出,叶绿素主要的一个降解途径是酶促降解,另外乙烯等催熟成分对叶绿素的降解也有促进作用,而臭氧既可以钝化叶绿素降解酶,又可以氧化乙烯,从而抑制了叶绿素分解^[23-24]。

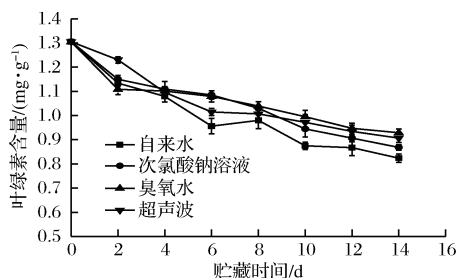


图4 清洗杀菌方式对空心菜叶绿素含量的影响

Fig. 4 Effect of different cleaning methods on chlorophyll content of *Ipomoea aquatica*

2.5 对空心菜 Vc 含量的影响

Vc 即抗坏血酸,其含量多少是衡量蔬菜营养品

质的一个重要指标,也是反映果蔬抗衰老、抗逆境能力的一个指标^[25]。由图5可知,各组样品在贮藏过程中 Vc 含量均不断下降,臭氧水处理组 Vc 含量下降最缓慢,其次为次氯酸钠溶液、超声波处理组。

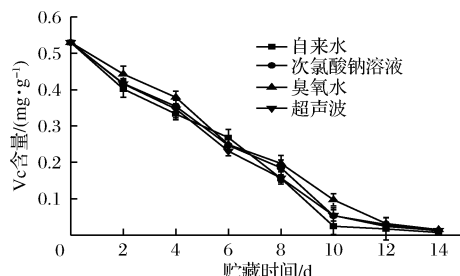


图5 清洗杀菌方式对空心菜 Vc 含量的影响

Fig. 5 Effect of different cleaning methods on Vc content of *Ipomoea aquatica*

贮藏第10天,对照组 Vc 含量为 0.024 4 mg/g,臭氧水处理组 Vc 含量为 0.097 mg/g,较对照组提高了3倍,次氯酸钠溶液处理组、超声波处理组 Vc 含量分别为 0.053 mg/g、0.054 mg/g,较对照组提高了1倍左右,可见各处理组 Vc 含量显著高于对照组的 ($P < 0.05$),尤其是臭氧水处理组。这说明次氯酸钠溶液、臭氧水、超声波清洗可以有效维持样品中 Vc 含量,其中臭氧水处理效果最好。贮藏12 d后,各组别 Vc 含量均较低。次氯酸钠溶液、臭氧水、超声波清洗处理对 Vc 含量降低有延迟作用,可能是这3种清洗处理杀灭了样品中的细菌,延缓了样品组织受微生物破坏的速度,降低了机体抗逆作用的强度,从而使抗坏血酸的消耗有所降低。有研究指出,适宜的臭氧处理可以诱导植物产生抗氧化反应,这在一定程度上促进了 Vc 的合成,从而延缓贮藏过程中 Vc 含量下降的速度^[26-27]。

2.6 对空心菜丙二醛含量的影响

丙二醛是植物氧化衰败产生的一种中间产物,会使氨基酸变质后聚合成希夫(Shiff)碱,从而破坏植物细胞膜结构,丙二醛含量反映了脂膜过氧化程度,MDA 含量是衡量果蔬品质的重要指标^[28-29]。由图6可知,在贮藏期间,各处理组 MDA 含量均呈上升趋势。

从第4天开始,臭氧水处理组及超声波处理组 MDA 含量显著低于对照组 ($P < 0.05$),而从第6天开始,次氯酸钠溶液处理组 MDA 含量略低于对照组。贮藏第14天时,对照组 MDA 含量为 1.89 nmol/g,次氯酸钠溶液处理组、臭氧水处理组、超声波处理组 MDA 含量分别为 1.78、1.57、1.61 nmol/g,后2个处理组的

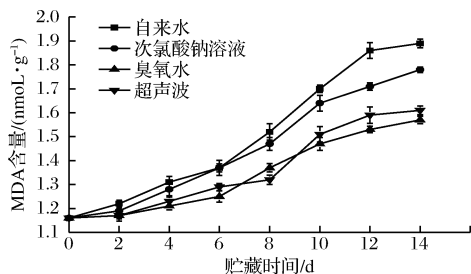


图6 清洗杀菌方式对空心菜MDA含量的影响

Fig. 6 Effect of different cleaning methods on MDA content of *Ipomoea aquatica*

MDA含量显著低于对照组($P < 0.05$)。表明次氯酸钠溶液、臭氧水处理组、超声波处理能够抑制空心菜样品细胞膜脂氧化作用,其中臭氧水清洗、超声波清洗的抑制效果更佳,特别是臭氧水清洗效果最佳。有研究表明^[30],臭氧可以抑制鲜切苹果中MDA含量的积累,可以增强机体抗氧化能力,这与本实验的研究结果一致。另有研究指出^[31],植物在病害及衰老时,细胞中产生超氧阴离子自由基和羟基自由基,能诱导膜脂中不饱和脂肪酸过氧化作用产生脂质自由基,促进脂膜的过氧化作用。本研究臭氧水处理组MDA含量较低,可能是因为一方面杀灭了致病菌,另一方面降低了乙烯等催熟成分的含量,使组织病害程度及衰老代谢速度均降低,从而延缓样品脂膜过氧化反应。

3 结论

本研究表明一定浓度的次氯酸钠溶液、臭氧水、超声波清洗处理有利于空心菜的贮藏保鲜。其中用有效氯为100 mg/L的次氯酸钠溶液,活性氧浓度为1.8 mg/L的臭氧水以及清洗频率40 kHz、功率0.36 W/cm²超声波分别清洗处理(清洗时间为5 min)空心菜,对空心菜贮藏(10 ± 1) °C期间品质的保存均具有较好的效果。且在这3种清洗工艺中,活氧浓度为1.8 mg/L的臭氧水清洗保鲜效果最好,不仅具有显著的杀菌效果,较对照组相比,菌落总数开始超过6lg CFU/g(样品开始发生腐败)的时间延迟了3 d,延缓空心菜感官品质的下降,感官的可接受度较对照组延长了3 d,还能延缓空心菜贮藏期间水分迁移速率,有效维持叶绿素、Vc含量,对抑制MDA含量的积累,保持细胞膜完整性也具有显著效果。超声波清洗杀菌效果也较显著,但是对其他理化品质、营养指标的保持效果不如臭氧水处理组,故推

荐臭氧水清洗作为空心菜的清洗处理工艺。

参考文献

- [1] ZHANG Qiu-zhuo, ACHAL V, XU Ya-tong, et al. Aquaculture wastewater quality improvement by water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsskal) floating bed and ecological benefit assessment in ecological agriculture district [J]. Aquacultural Engineering, 2014, 60(3): 48–55.
- [2] 陈清平. 早春大棚空心菜高产栽培技术[J]. 乡村科技, 2017(4): 41–42.
- [3] 雷昊, 谢晶. 新鲜蔬菜采后清洗、包装处理研究进展[J]. 食品与机械, 2016(6): 215–219.
- [4] 中华人民共和国卫生部. 次氯酸钠消毒剂卫生质量技术规范[S]. 2007.
- [5] RICO D, MARTINDIANAA B, BARTA J M, et al. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2007, 18(7): 373–386.
- [6] ALLEND A, SELMA M V, LOPEZ-GALVEZ 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.
- [7] VAN-HAUTE S, SAMPERS I, HOLVOET K, et al. Physicochemical quality and chemical safety of chlorine as a reconditioning agent and wash water disinfectant for fresh-cut lettuce washing[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2014, 80(16): 5151.
- [8] 白华飞, 张昭其. 臭氧在果蔬贮藏保鲜上的应用[J]. 食品科技, 2003(1): 80–82.
- [9] TZORTZAKIS N, SINGLETON I, BARNES J. Deployment of low-level ozone-enrichment for the preservation of chilled fresh produce [J]. Postharvest Biology & Technology, 2007, 43(2): 261–270.
- [10] PIYASENA P, MOHAREB E, MCKELLAR R C. Inactivation of microbes using ultrasound: A review[J]. International Journal of Food Microbiology, 2003, 87(3): 207–276.
- [11] FENG Hao, BARBOSA-CANOVAS G V, WEISS J. Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing [M]. New York: Springer, 2011.
- [12] 雷昊, 谢晶, 乔永祥, 等. 清洗杀菌方式对鲜切杭白菜保鲜效果的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 105–107.
- [13] 林永艳, 谢晶, 朱军伟, 等. 不同清洗方式对鲜切鸡毛菜保鲜效果的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 306–308.
- [14] 许娟妮. 不同贮藏温度对番茄感官及品质的影响[J]. 农产品加工(下), 2016(6): 52–53.
- [15] 任小青, 于弘慧, 马俪珍. 利用 LF-NMR 研究猪肉糜冷

- 藏过程中品质的变化[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(15): 120-123.
- [16] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 31.
- [17] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 164-248.
- [18] 张立奎, 陆兆新, 郁志芳. 臭氧水处理鲜切生菜贮藏期间的品质变化[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(3): 128-131.
- [19] MA Liang, ZHANG Min, BHANDARI B, et al. Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables[J]. Trends in Food Science & Technology, 2017, 64: 23-38.
- [20] DESÃO-JOSÉ F B, DE-ANDRADE N J, RAUOSA U, et al. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables[J]. Food Control, 2014, 45(1): 36-50.
- [21] KEBITSAMANG J M, MIN Z, ARUN S M, et al. Effects of ultrasound and microwave pretreatments of apple before spouted bed drying on rate of dehydration and physical properties[J]. Drying Technology, 2014, 32(15): 1848-1856.
- [22] XU Cong-cong, LI Yun-fei, HUANG-Yu. Effect of far-infrared drying on the water state and glass transition temperature in carrots[J]. Journal of Food Engineering, 2014, 136(6): 42-47.
- [23] 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, 33(1): 211-213.
- [24] 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, 33(21): 355-358.
- [25] MYERS R A. Packing considerations of minimally processed fruits and vegetables[J]. Food Technology, 1989, 43(2): 129-131.
- [26] 白友强, 廖亮, 许建, 等. 不同臭氧处理对甜瓜采后生理影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(23): 256-261.
- [27] 赵丽芹, 韩育梅, 王丽, 等. 不同浓度臭氧对河套蜜瓜贮藏品质影响的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(2): 343-345.
- [28] 王丹, 李雪, 马越, 等. 不同清洗剂对鲜切西兰花贮藏期间品质的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(5): 190-193.
- [29] 陈贵, 胡文玉, 谢甫绶, 等. 提取植物体内MDA的溶剂及MDA作为衰老指标的探讨[J]. 植物生理学通讯, 1991(1): 44-46.
- [30] LIU Cheng-hui, MA Tao, HU Wen-zhong, et al. Effects of aqueous ozone treatments on microbial load reduction and shelf life extension of fresh-cut apple[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2016, 51(5): 1099-1109.
- [31] 李新楠, 王洪斌, 严守雷, 等. 臭氧水对鲜切藕片保鲜效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(8): 178-184.

Effects of different raising cleaning methods on preservation of *Ipomoea aquatica*

YANG Chong^{1,3}, XIE Jing^{1,2,3,4*}

1(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

2(Quality Supervision, Inspection and Testing Center for Cold Storage and Refrigeration Equipment(Shanghai), Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China)

3(Shanghai Professional Technology Service Platform on Cold Chain Equipment Performance and Energy Saving Evaluation, Shanghai 201306, China)

4(National Experimental Teaching Demonstration Center for Food Science and Engineering (Shanghai Ocean University), Shanghai 201306, China)

ABSTRACT The quality changes during storage of *Ipomoea aquatica* was studied after different cleaning methods (sodium hypochlorite solution: with active chlorine 100 mg/L; ozone water: with active oxygen concentration of 1.8 mg/L; ultrasonic cleaning: with frequencies of 40 kHz and power of 0.33 W/cm²). It was shown that these three washing method were all preferable to maintain the sensory quality of *Ipomoea aquatica*, as well as to maintain the total number of colonies at a low level. Additionally, these agents could delay the reduction of chlorophyll and Vc contents. It was found that ozone treatment was the best method, as it could effectively extend the shelf life of *Ipomoea aquatica* for 3 d compared with the controlled groups.

Key words *Ipomoea aquatica*; cleaning; storage; keeping fresh; shelf life