

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.05.028

电解臭氧水对鲜切莲藕低温贮藏品质变化的影响

Effect of electrolyzed ozone water on the quality of fresh-cut lotus root

唐倩^{1,2} 刘永乐^{1,2} 刘湘茹^{1,2}TANG Qian^{1,2} LIU Yong-le^{1,2} LIU Xiang-ru^{1,2}俞健^{1,2} 王发祥^{1,2} 李向红^{1,2}YU Jian^{1,2} WANG Fa-xiang^{1,2} LI Xiang-hong^{1,2}

(1. 长沙理工大学化学与食品工程学院, 湖南长沙 410114; 2. 湖南省水生资源食品加工工程技术中心, 湖南长沙 410114)

(1. College of Chemical and Food Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410114, China; 2. Hunan Aquatic Resources Food Processing Engineering Technology Center, Changsha, Hunan 410114, China)

摘要:分析了电解臭氧水处理对鲜切莲藕冷藏过程中微生物菌落总数、失重率、总酸和可溶性固形物含量、硬度、色泽等品质指标的影响。结果表明,臭氧水处理能有效抑制莲藕菌落总数和失重率的增加,冷藏至第 12 天时分别为对照组的 37.84%, 52.54%; 臭氧水处理对莲藕初始有机酸有一定破坏作用,但能明显减缓莲藕总酸含量的下降速率;贮藏过程中莲藕可溶固形物含量先增加后降低,硬度逐渐降低,臭氧水处理能有效减缓其下降速率。此外,臭氧水处理对莲藕初始色泽有一定改善作用,但无法有效抑制莲藕样品的褐变速率。

关键词:臭氧水;鲜切莲藕;保鲜;品质;菌落总数

Abstract: In order to improve the commodity value of fresh-cut lotus root and prolong the shelf life, this study analyzed the effects of electrolyzed ozone water on the total colony count, weight loss rate, total acid content, soluble solids content, hardness and color of fresh-cut lotus root during cold storage. The results showed that the increase of total colony count and weight loss rate was inhibited by ozone water treatment, which was only 37.84% and 52.54% of control group, respectively, after 12 days of cold storage. The decline of total acid content in ozone group was also inhibited but its initial content was much less than that in control group, likely due to the oxidative damage of organic

acids by ozone. During the storage process, the soluble solids content was increased firstly and then decreased, while the hardness was decreased gradually, but both the decline rates were effectively slowed down by ozone water treatment. In addition, being treated with ozone water, the initial color of lotus root could be improved but the browning of lotus root could not be effectively alleviated. This provided a technical reference for the preservation, quality improvement and industrialization of fresh-cut lotus root.

Keywords: ozone water; fresh-cut lotus root; preservation; quality; total colony count

莲藕为睡莲科莲属多年生大型水生草本植物莲肥大的地下茎,具有消食止泻、开胃清热、滋补养性等药用价值,深受消费者喜爱^[1]。鲜切莲藕是经清洗、去皮、切割、包装等加工而成的即食新鲜莲藕产品^[1]。然而,莲藕鲜切过程中由于去皮、切分等工序使细胞受损,导致其贮藏期间易发生褐变和受微生物污染,极易出现品质下降^[2-3]。

近年来,臭氧一直被认为是一种安全的食品减菌剂,由于具有强氧化性、广谱杀菌性和无残留等突出优点,已被广泛应用于食品保鲜工艺中^[4-5]。采用臭氧水处理果蔬,不仅能有效杀灭细菌、霉菌和酵母菌等微生物^[6-7],还能抑制过氧化物酶、多酚氧化酶等氧化还原酶活性^[8],同时还具有减轻果蔬呼吸和蒸腾作用^[9]、降解表面农残和真菌毒素^[10]等作用。试验拟采用电解臭氧水和无菌水处理鲜切莲藕,研究其对莲藕样品冷藏过程中微生物菌落总数、营养品质、感官品质等的影响,旨在为利用电解

基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号:31972106);中央引导地方科技发展专项(编号:2018CT5010);湖南省教育厅科学研究项目(编号:17B016,17C0059,18C0233)

作者简介:唐倩,女,长沙理工大学在读硕士研究生。

通信作者:刘永乐(1962—),男,长沙理工大学教授,博士。

E-mail: lyle19@163.com

收稿日期:2020-04-20

臭氧水进行鲜切莲藕加工和保鲜提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

新鲜莲藕:成熟度适中,藕节完整,无机械伤的带泥莲藕,市售;

其他试剂均为国产分析纯。

1.1.2 主要仪器设备

色差计:WSC-S 型,上海仪电物理光学仪器有限公司;

阿贝折射仪:WYA-2W 型,上海精密科学仪器有限公司;

紫外—可见分光光度计:UV 2600 型,上海舜宇恒平有限公司;

质构分析仪:TA-XT Plus 型,英国 Stable Micro Systems 公司;

电解式高浓度臭氧机:HPSJ-25 型,武汉威蒙环保科技有限公司。

1.2 方 法

1.2.1 电解臭氧水的制备 按使用说明开启臭氧发生器,将臭氧通过气液混合泵通入自来水中,使臭氧充分溶解;调节气体流量计控制自来水混合流速为 220 L/h,稳定通气 0.5 h 后开始收集臭氧水,按 CJ/T 322—2010 中的碘量法测得臭氧水浓度为 8.44 mg/L。

1.2.2 鲜切莲藕样品的制备 将新鲜莲藕洗净,擦干,去皮后切片(片厚约 4.0 mm),按大小、部位相当的原则将藕片分为两组,其中一组以电解臭氧水浸泡 4.0 min,于无菌操作台沥干后随机分装至自封袋,每袋 4~5 片;另一组以无菌水按相同方法浸泡、沥干和包装,作为对照组。处理后于 4 °C 冰箱中冷藏,分别于贮藏第 0,3,6,9,12 天取样测定。

1.2.3 微生物菌落总数分析 按 GB 4789.2—2016 执行。

1.2.4 营养成分分析

(1) 失重率:参照张永清等^[11]的方法。

(2) 总酸:按 GB/T 12456—2008 执行。

(3) 可溶性固形物含量:按 NY/T 2637—2014 执行。

1.2.5 硬度分析 参照汪薇等^[12]的方法。探头为 HDP/VB,测试类型为压力,测前、测中速度 2 mm/s,测后速度 10 mm/s,形变 50%,触发力 5 g。

1.2.6 色泽分析 参照王建辉等^[13]的方法,每个样品重复测定 5 次,按式(1)计算白度。

$$W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}, \quad (1)$$

式中:

W——白度;

L^* ——明亮度;

a^* ——红绿度;

b^* ——黄蓝度。

1.2.7 数据统计分析 采用 Origin 9.0 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 鲜切莲藕菌落总数的变化

由图 1 可知,两组样品的微生物菌落总数随贮藏时间的延长逐渐增加,且臭氧水处理组的增长速率低于无菌水处理组。贮藏第 0 天,臭氧水处理组和无菌水处理组的微生物菌落总数分别为 2.73×10^3 , 4.30×10^3 CFU/g,臭氧水组的减菌率为 36.51%,说明臭氧水处理具有冷杀菌作用;贮藏第 6 天,臭氧水处理组的菌落总数增加至 3.92×10^5 CFU/g,为无菌水处理组 (6.30×10^5 CFU/g) 的 62.22%;贮藏第 9 天后,菌落总数急剧增长;贮藏第 12 天,臭氧水处理组的菌落总数达 4.20×10^7 CFU/g,为无菌水处理组的 37.84%,说明臭氧水处理可在一定程度上抑制微生物的增殖。目前,最新的微生物管理标准认为新鲜净菜活菌数应控制在 10^5 CFU/g 以下^[1],因此,两组鲜切莲藕样品在贮藏第 6 天时均已开始腐败,电解臭氧水虽然具有较好的减菌、抑菌作用,但单一使用对延长鲜切莲藕保质期的效果有限,可能还需其他处理手段的协同增效作用。

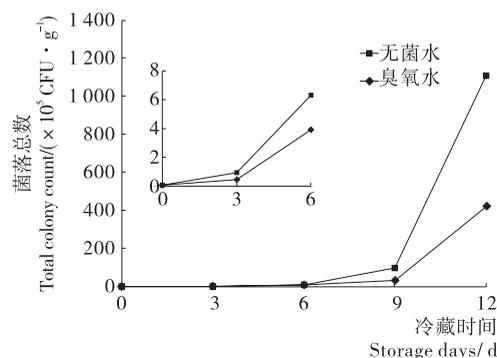


图 1 鲜切莲藕贮藏期间的菌落总数

Figure 1 Change in total colony count of fresh-cut lotus root during cold storage

2.2 鲜切莲藕失重率的变化

由图 2 可知,两组样品的失重率随贮藏时间的延长而上升,贮藏第 12 天,臭氧水处理组的失重率为 2.69%,为无菌水处理组(5.12%)的 52.54%,表明臭氧水处理有利于抑制莲藕失重,保持其品质。鲜切莲藕加工过程中由于机械切割导致细胞损伤,胞内营养物质和酶系溶出,新陈代谢加快,尤其是呼吸作用和蒸腾作用加强,导致其水分减少、新鲜度下降和品质变化^[14];臭氧可使莲藕表皮气孔缩小,抑制其呼吸作用和蒸腾作用,在一定程度上保护藕片品质,减少贮藏过程中的失重^[5,7]。

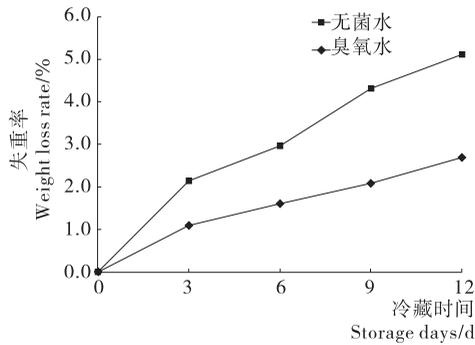


图2 鲜切莲藕贮藏期间的失重率

Figure 2 Changes in weight loss rate of fresh-cut lotus root during cold storage

2.3 鲜切莲藕总酸含量的变化

由图3可知,两组样品的总酸含量随贮藏时间的延长而明显下降,无菌水处理组在贮藏第3~9天的下降尤为明显,主要是因为某些有机酸的分解或作为呼吸基质和糖异生作用被消耗^[15]。贮藏第0天,臭氧水处理组的总酸含量(1.17%)较无菌水处理组降低了13.33%,可能与臭氧水引起V_C等有机酸的氧化分解有关;贮藏第12天,臭氧水处理组的总酸含量下降了23.08%,而无菌水处理组的降低了31.11%,说明臭氧水处理组总酸消耗速率稍慢,可能是由于其代谢速率和呼吸作用受到了一定程度的抑制。

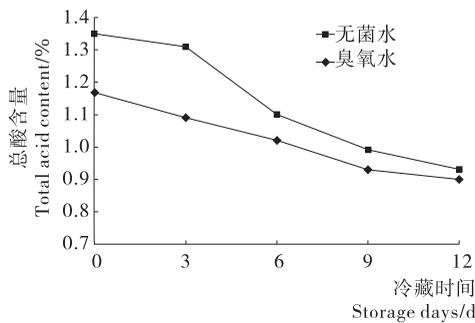


图3 鲜切莲藕贮藏期间的总酸含量

Figure 3 Changes in total acid content of fresh-cut lotus root during storage

2.4 鲜切莲藕可溶性固形物含量的变化

由图4可知,两组样品的可溶性固形物含量随贮藏时间的延长先上升后下降,其中臭氧水处理组的峰值为6.5%,出现在贮藏的第3天,而无菌水处理组的峰值为6.2%,出现在贮藏的第6天;贮藏前期,可溶性固形物含量增加的原因可能与淀粉转化为可溶性糖有关,贮藏后期逐渐降低则可能与其本身的代谢消耗及微生物增殖有关,与祝美云等^[16]的结论基本一致;此外,贮藏第6天后,臭氧水处理组的可溶性固形物含量下降速率明显低于无

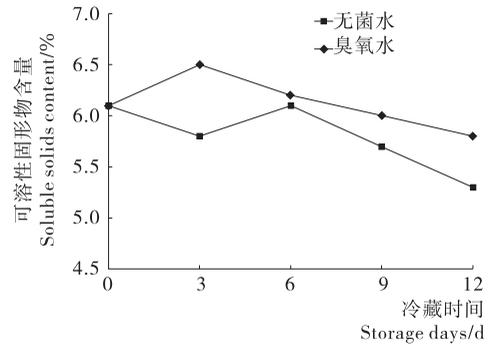


图4 鲜切莲藕贮藏期间的可溶性固形物含量

Figure 4 Changes in soluble solids content of fresh-cut lotus root during storage

菌水处理组,说明臭氧水处理能一定程度上抑制莲藕的代谢活动,减缓其可溶性固形物的降低和质量损失。

2.5 鲜切莲藕硬度的变化

由图5可知,两组样品的硬度随贮藏时间的延长逐渐降低,与朱云龙等^[17]的结果一致。果蔬贮运过程中,由于呼吸和蒸腾作用造成组织失水,破坏了正常的代谢过程,水解作用加强,细胞空隙增多,细胞内膨压下降,进而对细胞壁造成破坏^[18],导致其结构特性改变和硬度下降;臭氧水处理可以减缓莲藕组织的失水和原果胶、纤维素等水解^[5,10],从而抑制莲藕硬度的下降,减缓其老化过程。

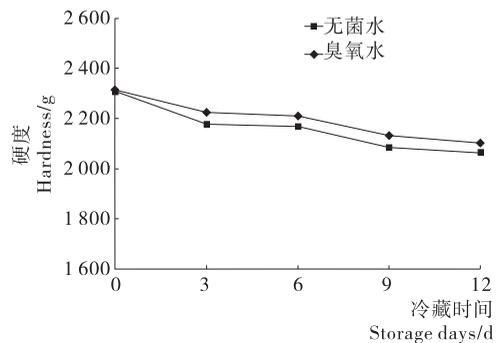


图5 鲜切莲藕贮藏期间的硬度

Figure 5 Changes in hardness of fresh-cut lotus-root during cold storage

2.6 鲜切莲藕色差的变化

褐变是鲜切莲藕在贮藏过程中的主要问题之一,不仅影响外观,还降低了其品质^[19]。由表1可知,鲜切莲藕的L*值和W值(白度)均随贮藏时间的延长而下降,说明贮藏过程中莲藕整体色泽变暗,褐变度逐渐增加,与朱云龙等^[20]的结果一致,可能与多酚氧化酶作用导致的褐变有关^[5,20]。贮藏第0天,臭氧水处理组的L*、W值分别为70.87、68.60,均大于无菌水处理组(分别为68.53、66.82),可能是因为臭氧水具有强氧化性,一定程度上改善了藕片的色泽和白度;贮藏第12天,臭氧水处理组的

表 1 鲜切莲藕贮藏期间的色差[†]

Table 1 Change in color difference of fresh-cut lotus root during cold storage

贮藏时间/d	无菌水处理				臭氧水处理			
	L*	a*	b*	W	L*	a*	b*	W
0	68.53±0.30 ^c	3.34±0.11 ^a	9.97±0.37 ^a	66.82±0.20 ^c	70.87±0.28 ^c	2.93±0.20 ^c	11.35±0.37 ^b	68.60±0.21 ^c
3	64.88±1.05 ^{bc}	3.79±0.12 ^a	10.65±0.29 ^{ab}	63.11±0.89 ^{bc}	68.77±1.18 ^d	0.99±0.23 ^a	8.37±0.44 ^a	67.65±1.01 ^c
6	64.85±0.27 ^{bc}	3.80±0.10 ^a	12.67±0.65 ^{ab}	62.44±0.47 ^{bc}	67.25±2.74 ^c	1.89±0.52 ^b	12.34±0.73 ^c	64.95±2.41 ^b
9	63.20±1.00 ^b	8.00±0.73 ^b	14.11±0.81 ^b	59.78±0.02 ^b	63.31±0.01 ^b	7.98±0.01 ^d	14.99±0.24 ^d	59.57±0.69 ^a
12	61.61±0.06 ^a	8.14±0.34 ^b	15.61±0.40 ^c	57.77±0.03 ^a	62.22±0.85 ^a	8.01±0.20 ^e	16.18±0.19 ^e	58.13±0.71 ^a

† 小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

L*、W 值仍大于无菌水处理组,相对于贮藏第 0 天,其下降幅度分别为 12.21%,15.27%,稍高于无菌水处理组(分别为 14.00%,10.10%),说明单一使用臭氧水处理并不能有效抑制莲藕样品的褐变速率。

3 结论

以无菌水为对照,探讨了电解臭氧水处理对鲜切莲藕贮藏过程中微生物菌落总数、失重率、总酸和可溶性固形物含量、硬度、色泽等品质指标的影响。结果表明,电解臭氧水处理能有效抑制莲藕菌落总数和失重率的增加,明显减缓莲藕总酸含量的下降速率,降低贮藏过程中莲藕的硬度,还能有效减缓可溶性固形物的下降速率。此外,臭氧水处理能改善莲藕初始色泽,但无法有效抑制其褐变速率。试验仅研究了冷藏期的菌落总数,并未检测金黄色葡萄球菌等致病菌。后续还可选取不同浓度的臭氧水,间歇法或喷淋等方式对鲜切莲藕进行处理。此外,可结合酸性电位水、二氧化氯消毒水等进一步阐明臭氧水的保鲜机理。

参考文献

[1] 刘小芳,王发祥,俞健,等.鲜切莲藕冷藏过程中优势腐败菌的分离与鉴定[J].食品与机械,2016,32(4):148-150.
 [2] LEHTO M, KUISMA R, MÄÄTTÄ J, et al. Hygienic level and surface contamination in fresh-cut vegetable production plants[J]. Food Control, 2011, 22(3): 469-475.
 [3] 王发祥,刘永乐,俞健,等. PCR-DGGE 分析鲜切莲藕冷藏过程中的菌相变化[J]. 中国食品学报, 2017, 17(8): 255-260.
 [4] 袁成豪,刘永乐,黄铁群,等. 臭氧冰制备技术及其在食品保鲜中的应用研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(5): 224-230.
 [5] 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.
 [6] 靳曼,余小林,胡卓炎. 不同臭氧处理时间对荔枝汁杀菌效果及品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(9): 66-69.
 [7] 李新楠. 臭氧对藕片胀袋微生物的抑制及其保鲜效果研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2015: 2-3.

[8] JARAMILLO SANCHEZ G M, GARCIA LOREDO A B, CONTIGIANI E V, et al. Inactivation kinetics of peroxidase and polyphenol oxidase in peach juice treated with gaseous ozone[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2017, 53(2): 347-355.
 [9] 汤乐金,杨钦沾,屈杰光. 水果贮藏保鲜技术研究现状及前景展望[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(9): 2474-2480.
 [10] 蒋宝. 臭氧处理对果实采后生理和贮藏品质影响的研究进展[J]. 食品与机械, 2018, 34(3): 201-204.
 [11] 张永清. 异抗坏血酸钠对鲜切莲藕营养成分的影响[J]. 食品工业, 2015, 36(7): 9-12.
 [12] 汪薇,李晓,杨宏,等. 超高压处理对鲜切莲藕品质及其贮藏性的影响[J]. 华中农业大学学报, 2016, 35(2): 101-107.
 [13] 王建辉,靳娜,刘永乐,等. 低温处理对湘莲采后生理变化的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 209-213.
 [14] 罗海莉,王清章,严守雷,等. 壳聚糖及其与纳米 SiO_x 复合涂膜对莲藕贮藏品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(4): 518-522.
 [15] 蒋依辉,钟云,曾继吾,等. 杨梅成熟期间有机酸、糖的动态变化分析[J]. 食品科学, 2013, 34(18): 235-238.
 [16] 祝美云,党建磊,魏征,等. 壳聚糖复合涂膜保鲜鲜切莲藕的研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(1): 145-147.
 [17] 朱云龙,陈亭. 超高压处理对莲藕品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(21): 84-87.
 [18] 武杰. 臭氧水处理在葡萄贮藏保鲜中的应用研究[D]. 南京:南京农业大学, 2006: 21-35.
 [19] JIANG Juan, JIANG Li, LUO Hai-bo, et al. Establishment of a statistical model for browning of fresh-cut lotus root during storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 92: 164-171.
 [20] GENOVES D B, FLUSTONDO M P, LOZANO J E. Color and cloudy stabilization in apple juice by stem heating crushing[J]. Journal of Food Science, 1997, 62(6): 1171-1175.