

方宗壮,谢 辉,段宙位,等. 不同预处理方法对鲜切菠萝贮藏品质的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):197-201.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.048

不同预处理方法对鲜切菠萝贮藏品质的影响

方宗壮,谢 辉,段宙位,何 艾,窦志浩

(海南省农业科学院农产品加工设计研究所,海南海口 571100)

摘要:为找到更好的保持鲜切菠萝贮藏品质的预处理方法,以巴厘菠萝为试验材料,研究不同预处理方法[次氯酸钠(NaClO)处理、二氧化氯(ClO_2)处理、漂烫处理、空白处理]对鲜切菠萝贮藏期内可溶性固形物含量、失质量率、硬度、可滴定酸含量、维生素 C 含量及多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)活性的影响。结果表明,相对于空白处理,60 ℃水漂烫可使鲜切菠萝贮藏期延长至 7 d,但容易破坏其品质;20 mg/L ClO_2 处理能较好地保持鲜切菠萝的品质,可将其贮藏期延长至 8 d;200 mg/L NaClO 的处理效果最好,能更好地保持鲜切菠萝的品质,可将贮藏期延长至 10 d。

关键词:鲜切菠萝;预处理;贮藏;品质;保质期

中图分类号: TS255.36 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)01-0197-05

菠萝别称凤梨,属凤梨科凤梨属多年生草本果树植物,富含果糖、葡萄糖和维生素及矿物质元素,营养价值丰富。菠萝个头大,去皮目困难,食用不方便,而鲜切菠萝具有新鲜、营养、快捷、方便、卫生等优点,其产业具有非常广阔的发展前景^[1]。但是鲜切菠萝经过一系列鲜切处理后,会发生各种不利的生理生化反应,从而损害果实的组织结构,使组织内的酶与底物直接接触而引起果实组织汁液外泄,去皮、切分等处理还会使果实失去真皮层的保护作用,容易造成微生物污染和繁殖,并使得一些营养物质流失,影响产品质量^[2],这就造成了鲜切菠萝贮藏期短的问题,严重制约了鲜切菠萝产业的发展。因此,研究有效保持鲜切菠萝贮藏品质的技术手段非常有必要。

研究表明,次氯酸钠(NaClO)、二氧化氯(ClO_2)都是强氧化剂,是世界卫生组织和联合国粮食及农业组织向全世界推荐的广谱、高效、安全的化学消毒剂,是目前国际上公认的性能优良、效果较好的食品保鲜剂^[3-5]。水漂烫作为果蔬最重要的前处理手段之一,可以通过钝化酶活性和杀灭微生物,达到保持食品品质、延长贮藏期的目的。

目前,国内外关于用 NaClO 、 ClO_2 处理和水漂烫处理对鲜切菠萝贮藏品质影响的研究较少,而有效的预处理方法可以起到改善鲜切果蔬贮藏品质、延长贮藏货架期的作用^[6]。本研究采用不同浓度梯度的 NaClO 、 ClO_2 和热水漂烫法对鲜切菠萝进行预处理,以期得出一种最佳的鲜切菠萝预处理方法,为鲜切菠萝贮藏品质的提升和延迟货架期提供理论依据和技术支撑。

1 材料与与方法

收稿日期:2017-09-16

基金项目:海南省创新能力建设计划-省属科研院所技术开发专项(编号:KYYS-2016-03)。

作者简介:方宗壮(1991—),男,海南乐东人,硕士研究生,研究方向为热带农产品加工保鲜。E-mail:469026221@qq.com。

通信作者:谢 辉,副研究员,研究方向为热带农产品加工保鲜。E-mail:18789365925@163.com。

1.1 材料与试剂

菠萝:在海南省海口市南北水果市场购买巴厘菠萝,统一挑选八成熟、果实质量与大小一致、无病虫害、无机械损伤的菠萝进行试验。

草酸(分析纯,购自西陇化工股份有限公司);抗坏血酸标准品($\geq 99.7\%$,购自广州化学试剂厂); NaOH 、石英砂、酚酞、 H_2O_2 (分析纯,均购自广州化学试剂厂);愈创木酚(含量 $\geq 99.0\%$,购自上海源叶生物科技有限公司);邻苯二酚(含量 $\geq 98.0\%$,购自上海源叶生物科技有限公司);乙酸钠溶液、2,6-二氯酚靛酚、硼酸-硼砂缓冲液、磷酸缓冲液(分析纯,均购自上海源叶生物科技有限公司); NaClO (食品级,购自青岛兴发消毒剂有限公司); ClO_2 (食品级,购自潍坊华实药业有限公司)。

1.2 仪器与设备

TMS-PRO 质构分析仪(北京盈盛恒泰科技有限责任公司);CPA2202S 电子分析天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司];2WJ 阿贝斯折光仪(上海精密仪器仪表有限公司);TU-1810 紫外-可见分光光度计(北京普析通用仪器有限公司);K3 Series 高速冷冻离心机(英国 Centurion Scientific);PHS-3C 酸度计(上海精密科学仪器有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程 菠萝→挑选→清洗→去皮目→切片→预处理→包装→贮藏。

1.3.2 鲜切菠萝的保鲜处理 将菠萝清洗干净,晾干。用菠萝去皮专用的锋利不锈钢刀将菠萝皮和目去掉,沿轴心平均切成 2 份,再分别切成 10 mm 厚的半圆形菠萝片。切片后按表 1 进行预处理,用蒸馏水浸泡 5 min 作为空白对照,处理完成后马上装入 250 mL 聚乙烯塑料盒内,将大小厚度一致的半圆形菠萝切片每 6 片装 1 盒,每盒为 1 个处理,质量为 (159.24 ± 2.00) g,每个处理组设 3 个重复,用保鲜膜包严,于 3 ℃贮藏,处理过程中的刀具、托盘等所有切分工具均用 75% 乙醇消毒,以避免菠萝片被微生物污染。在鲜切菠萝开始贮藏当天按“1.3.3”节的方法进行所有样品指标的测定,之后每隔 4 d 取样测定,20 d 后进行最后 1 次测定。试验和

指标检测于 2017 年 9 月至 2017 年 1 月在海南省农业科学院农产品加工设计研究所实验室进行。

表 1 不同的预处理方法

编号	预处理方案
1	40 ℃ 水漂烫 5 min
2	50 ℃ 水漂烫 5 min
3	60 ℃ 水漂烫 5 min
4	70 ℃ 水漂烫 5 min
5	10 mg/L ClO ₂ 浸泡 5 min
6	15 mg/L ClO ₂ 浸泡 5 min
7	20 mg/L ClO ₂ 浸泡 5 min
8	25 mg/L ClO ₂ 浸泡 5 min
9	50 mg/L NaClO 浸泡 5 min
10	100 mg/L NaClO 浸泡 5 min
11	150 mg/L NaClO 浸泡 5 min
12	200 mg/L NaClO 浸泡 5 min

1.3.3 指标测定

1.3.3.1 失质量率的测定 贮藏前称取样品质量 m_0 ，每隔 4 d 取样品称得质量 m_1 ，失质量值即为 $m_0 - m_1$ ，做 3 次重复试验，计算公式如下：

失质量率 = $(m_0 - m_1) / m_0 \times 100\%$ 。

1.3.3.2 褐变度的测定 采用消光值法^[7]（即吸光度法）测定，随机称取 10 g 鲜切菠萝样品，与冷藏蒸馏水按质量比 1 : 10 混合后，于打浆机中匀浆 30 s 后，取出离心 10 min（3 000 r/min），然后取上清液于 25 ℃ 保温 5 min，在波长 410 nm 处测定其吸光度 $D_{410\text{ nm}}$ 。以 $10D_{410\text{ nm}}$ 表示褐变度，做 3 次重复试验。

1.3.3.3 总可溶性固形物含量的测定 采用阿贝斯折光仪测定，折光仪先用蒸馏水校正，取鲜切菠萝片用打浆机打成浆状，取 1 滴浆液，用折光仪观察、读数，设 3 次重复，取平均值，单位为 %。

1.3.3.4 可滴定酸含量的测定^[8] 可滴定酸含量采用酸碱中和滴定法测定，以柠檬酸的系数进行计算，单位为 %，设 3 次重复。

1.3.3.5 维生素 C 含量的测定 参考赵晓梅等的方法^[9]，采用 2,6 - 二氯酚靛酚滴定法测定，设 3 次重复。

1.3.3.6 硬度的测定 采用 CT3 - 4500 质构分析仪测定，选取测试参数如下：预压速率为 2.0 mm/s，下压速率为 0.5 mm/s，压后上行速率为 0.5 mm/s，触发点负载为 6.8 g，

探头测试距离为 4.0 mm，设 3 次重复试验。

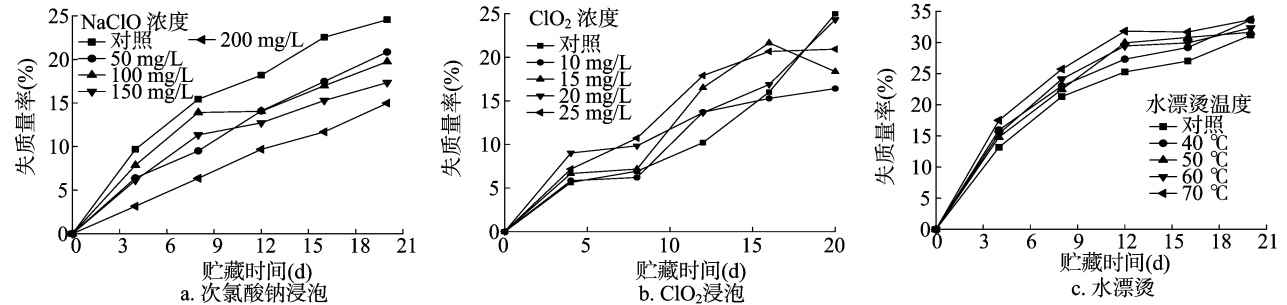
1.3.3.7 多酚氧化酶(PPO)活性的测定^[7] 采用吸光度法测定，随机取 2 g 样品，加入 5 mL 磷酸缓冲液(PBS, pH 值为 6.4)，冰浴研磨，低温离心(6 000 r/min, 4 ℃)30 min，取上清液，即为 PPO 粗酶液。在比色皿中按顺序加入 2.0 mL pH 值为 5.4 的醋酸缓冲液、1.0 mL 0.04 mol/L 儿茶酚溶液为底物，再加入 0.05 mL 粗酶液，迅速摇匀并测定，每隔 30 s 记录 $D_{410\text{ nm}}$ ，连续记录 3 min。1 个酶活性单位(U)定义为在测定条件下 1 min 内引起吸光度改变 0.001 所需的酶量，酶活性单位为 U/(min · g)，以鲜质量计。

1.3.3.8 过氧化物酶(POD)活性的测定^[7] 采用愈创木酚氧化法测定，随机取 2 g 样品，加 6 mL 硼酸 - 硼砂缓冲液(pH 值为 8.7)冰浴研磨，低温离心(6 000 r/min, 4 ℃)30 min，取上清液即得 POD 粗酶液。在比色皿中按顺序加入 2.0 mL pH 值为 5.4 的醋酸缓冲液、1.0 mL 愈创木酚溶液(0.25%)、0.01 mL 上述粗酶液、0.1 mL H₂O₂(0.75%)溶液，摇匀后迅速测定并记录 $D_{460\text{ nm}}$ ，每 30 s 记录 1 次，连续记录 3 min，1 个酶活性单位(U)定义为在测定条件下 1 min 内引起吸光度改变 0.01 所需的酶量，酶活性的单位为 U/(min · g)，以鲜质量计。

2 结果与分析

2.1 不同预处理方法对鲜切菠萝贮藏期间失质量率的影响

失质量是影响鲜切菠萝产品品质的重要原因，由图 1 可以看出，在贮藏过程中，由于鲜切处理造成的机械损伤会极大地促进鲜切菠萝的呼吸作用，同时会刺激鲜切菠萝内源乙烯的产生，导致伤乙炔迅速增加，加速鲜切菠萝的衰老与腐败，从而使水分大量溢出，失质量率不断上升^[10]。相对于空白处理，以 NaClO 浸泡 5 min 可较稳定地控制鲜切菠萝的失质量率，贮藏 12 d 时，200 mg/L NaClO 处理组的失质量率仅为 9.69%，空白组则为 18.18%，可见该处理使鲜切菠萝的失质量率降低了 8.49 百分点；相对于空白处理组，ClO₂ 处理组的效果不明显；对于水漂烫处理，由于高温热处理，可能造成了鲜切菠萝的细胞组织破坏，且温度越高，鲜切菠萝的失质量越严重，贮藏 8 d 时的失质量率已超过 22.47%。综上可知，200 mg/L NaClO 处理组的效果最好，可明显减缓鲜切菠萝贮藏过程中的失质量率，抑制鲜切菠萝的代谢活动和组织败坏，从而减少了鲜切菠萝的水分消耗和流失。



对照指在室温下用 25 ℃ 蒸馏水浸泡 5 min，下图同
图 1 不同预处理方法对鲜切菠萝失质量率的影响

2.2 不同预处理方法对鲜切菠萝贮藏期间褐变度的影响 色泽外观是人们评价鲜切菠萝产品品质最直观的因素，

鲜切菠萝发生褐变不仅会影响其风味和营养价值，而且会严重降低其商品价值^[11]。如图 2 所示，NaClO 浸泡处理组对降

低褐变度有明显的作用,鲜切菠萝的褐变度均在 7.5 以内。在其他处理中,25 mg/L ClO_2 处理、70 °C 水漂烫处理对减少鲜切菠萝在贮藏期间的褐变也起到了较好的效果,贮藏 12 d 时褐变度分别为 8.10、8.52。在所有处理中,200 mg/L

NaClO 更是有效杀灭了鲜切菠萝表面的微生物,抑制了因微生物代谢而引起的组织败坏,从而减少了褐变的发生,贮藏 12 d 时鲜切菠萝的褐变度仅为 5.6。

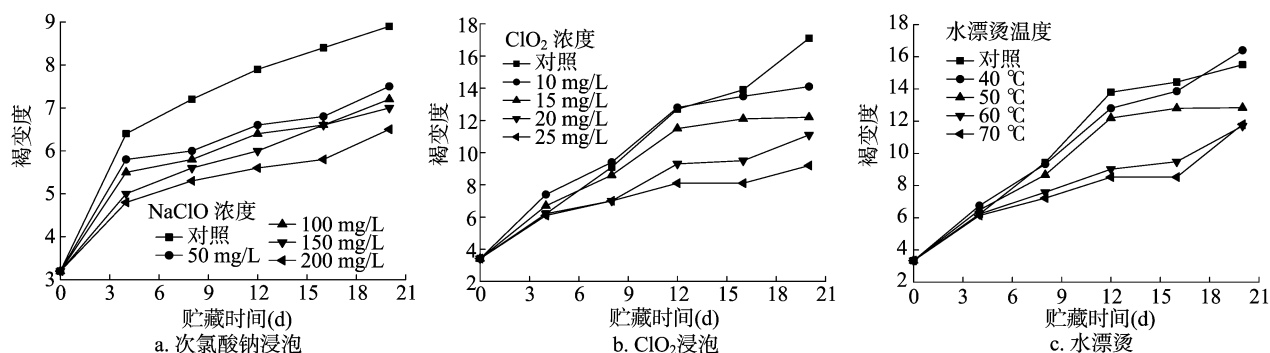


图2 不同预处理方法对鲜切菠萝褐变度的影响

2.3 不同预处理方法对鲜切菠萝贮藏期间可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物主要是指可溶性糖类,是衡量果蔬贮藏和食用品质的一个重要指标。如图 3 所示,鲜切菠萝在贮藏期间的可溶性固形物含量总体表现为随贮藏时间的延长而呈现下降的趋势; NaClO 处理组对保持鲜切菠萝贮藏期间的可溶性固形物含量有较好的效果,经 200 mg/L NaClO 浸泡处理 5 min 后,贮藏 8、12 d 时可溶性固形物含量分别仍可保持在 10.7%、10.5% 的较高水平,而对照组在贮藏 8、12 d 时分别

只为 9.8%、9.7%; ClO_2 浸泡处理组在前 12 d 将可溶性固形物含量保持在 9.25% 以上,但在 12 d 以后可溶性固形物含量呈下降的趋势;水漂烫处理组的效果较差,随着处理温度的升高,鲜切菠萝固形物含量下降得越快,这是由于处理温度越高,溶于水中的固形物越多,损失就越大。相比较而言,用 200 mg/L NaClO 浸泡 5 min 更有效地杀灭了鲜切菠萝表面的微生物,抑制了因微生物代谢而引起的组织败坏,从而可明显地保持鲜切菠萝的固形物含量。

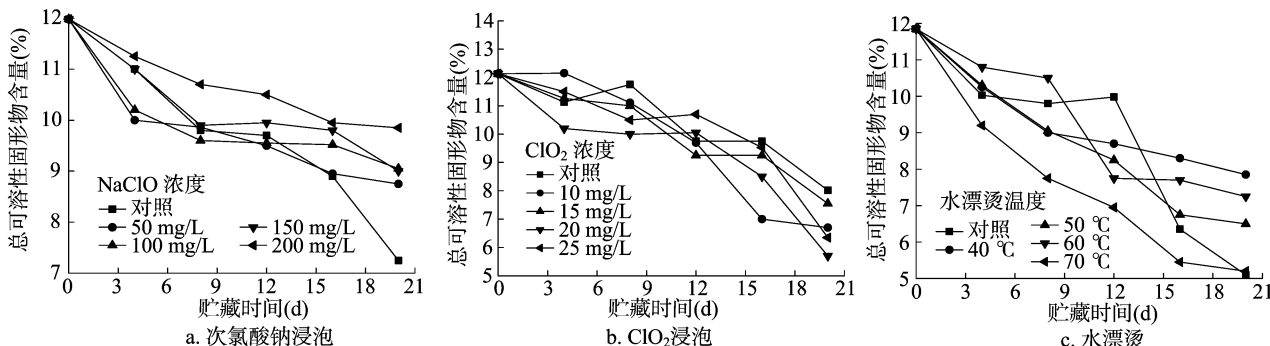


图3 不同预处理方法对鲜切菠萝可溶性固形物的影响

2.4 不同预处理方法对鲜切菠萝贮藏期间可滴定酸含量的影响

如图 4 所示,在鲜切菠萝的贮藏期间,对照组和不同预处理组的可滴定酸含量总体都呈现线性上升的趋势,这是由贮藏期间鲜切菠萝自身代谢产酸和被微生物侵染产酸而引起的。 NaClO 、 ClO_2 的浸泡处理效果较好,贮藏 12 d 时仍可将鲜切菠萝的可滴定酸含量保持在 0.68% 以下;水漂烫的效果较差,高温水漂烫处理时,由于可滴定酸溶于水,所以水漂烫的温度越高,可滴定酸含量越高,贮藏 12 d 后可滴定酸含量已达到 0.7% 以上。

2.5 不同预处理方法对鲜切菠萝贮藏期间维生素 C 含量的影响

维生素 C 是一种水溶性维生素,菠萝在经鲜切处理后,组织结构被破坏,失去了真皮层的保护,维生素 C 就容易被氧化和随水分流失,所以在鲜切菠萝贮藏的过程中,维生素 C

会呈下降的趋势。从图 5 可看出,3 种处理中, NaClO 处理对保持维生素 C 的效果较好,维生素 C 含量总体下降幅度平缓。其中 200 mg/L NaClO 处理的效果最好,贮藏 12 d 时维生素 C 含量仍保持在 22.87 mg/100 g 的较高水平,而贮藏 12 d 时对照组维生素 C 含量已下降到 14 mg/100 g,相比之下减少了 8.87 mg/100 g; ClO_2 浸泡处理和水漂烫处理效果较差,贮藏 12 d 时维生素 C 含量已分别下降到 14.22 和 11.33 mg/100 g 以下。鲜切菠萝贮藏时,可用 200 mg/L NaClO 对鲜切菠萝浸泡 5 min,可明显地保持鲜切菠萝的维生素 C 含量。

2.6 不同预处理方法对鲜切菠萝贮藏期间硬度的影响

从图 6 可以看出,在鲜切菠萝贮藏期间,因自身生命活动消耗组织内的营养物质和组分,会影响其质构,导致硬度呈现一直下降的趋势,在 3 种处理中,200 mg/L NaClO 处理的效果最好,贮藏 16 d 时,鲜切菠萝的硬度仍在 25 N 以上,贮藏 20 d 时的硬度在 20N 以上;而 ClO_2 浸泡处理 8 d 时,鲜切菠

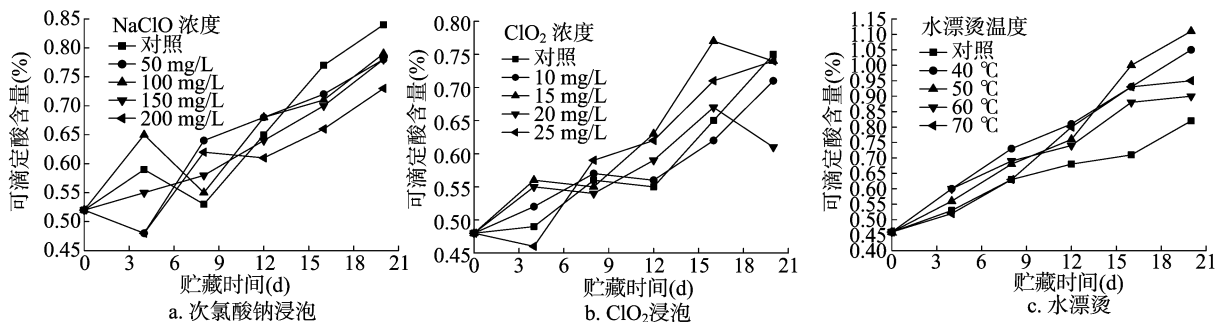


图4 不同预处理方法对鲜切菠萝可滴定酸含量的影响

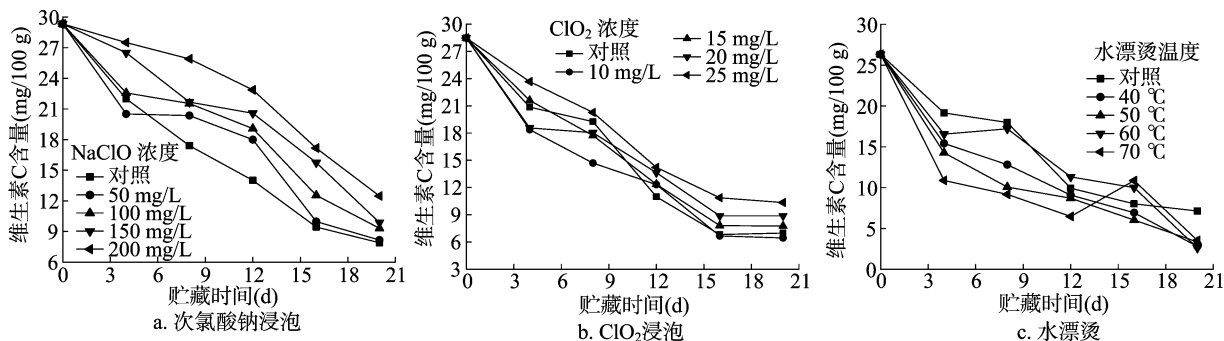


图5 不同预处理方法对鲜切菠萝维生素C含量的影响

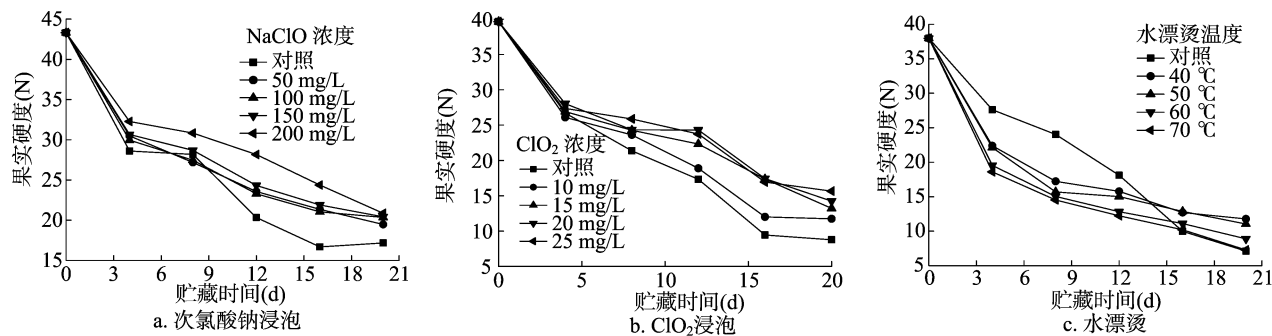


图6 不同预处理方法对鲜切菠萝硬度的影响

菠萝的硬度基本已下降到 25 N 以下,浸泡处理 12 d 时,硬度整体在 20 N 以上;水漂烫组处理 8 d 时,硬度均已下降到 20 N 以下。由以上结果看出,NaClO、ClO₂ 浸泡处理较好地保持了其硬度,水漂烫处理组的效果较差,可能由于热处理破坏了鲜切菠萝的质构特性。在所有处理中,200 mg/L NaClO 处理更好地维持了鲜切菠萝的硬度,并可维持菠萝良好的外观品质。

2.7 不同预处理方法对鲜切菠萝贮藏期间 PPO 活性的影响

PPO 是植物中广泛存在的一种酶,该酶可催化内源性多酚物质氧化成醌,再聚合成黑色素^[12-14],是引起果蔬产品褐变的重要原因之一。从图 7 可以看出,在鲜切菠萝贮藏期间,PPO 活性总体呈现先上升后下降的趋势。总体而言,NaClO 浓度越高,处理效果越好。此外由图 7-c 可以从整体上看,水漂烫处理的温度越高,效果越好。在 20 d 的贮藏期内,采用 NaClO 浓度在 100 mg/L 及以上和温度在 50 °C 及以上的处理,可以将 PPO 活性抑制在 120 U/(min·g) 范围内,处理效果较好。相比于其他处理,150、200 mg/L NaClO 处理可明显减缓鲜切菠萝褐变的发生,保持鲜切菠萝的贮藏品质。

2.8 不同预处理方法对鲜切菠萝贮藏期间 POD 活性的影响

POD 是与果蔬组织褐变密切相关的酶类。从图 8 可以看出,NaClO₂ 处理相比于 ClO₂ 处理和水漂烫处理有明显的优势,POD 活性在贮藏的前 15 d 总体呈直线下滑的趋势,贮藏 12 d 时,200 mg/L NaClO 处理的 POD 活性最低,降到 62 U/(min·g)。贮藏 12 d 时,15 mg/L ClO₂、60 °C 处理组的 POD 活性分别仅降到 147.62、128.47 U/(min·g)。在所有处理中,200 mg/L NaClO 的处理效果最好,有效地抑制了 POD 的活性,从而减缓了鲜切菠萝褐变的速度。水漂烫处理也能较好地抑制 POD 的活性,随着漂烫温度的升高,POD 被破坏的程度加大,POD 的活性下降得就越快,60 °C 处理的效果最好,POD 活性最低时可降至 72.59 U/(min·g)。在鲜切菠萝的贮藏过程中,采用 200 mg/L NaClO 处理可以迅速降低 POD 活性,抑制鲜切菠萝的生命代谢活动,达到更好的保鲜效果。

3 结论与讨论

试验表明,相对于空白处理,适宜浓度的 NaClO、ClO₂ 和适宜温度的水漂烫处理有助于保持鲜切菠萝的贮藏品质。在

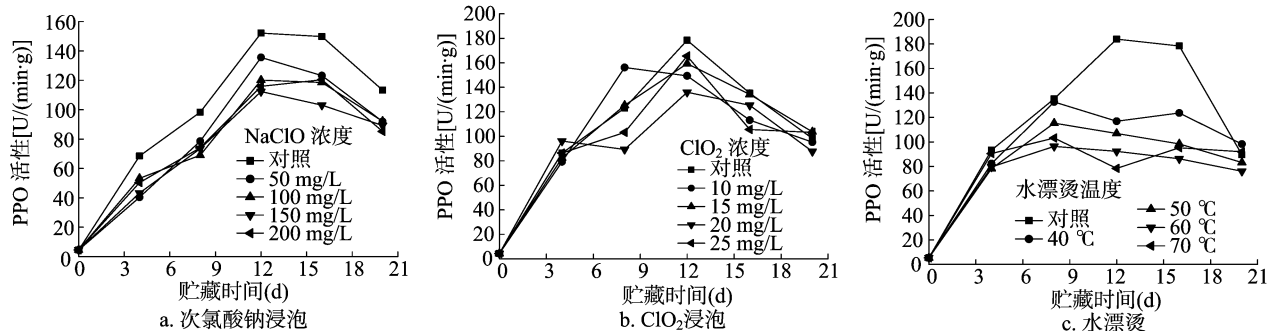


图7 不同预处理方法对鲜切菠萝 PPO 活性的影响

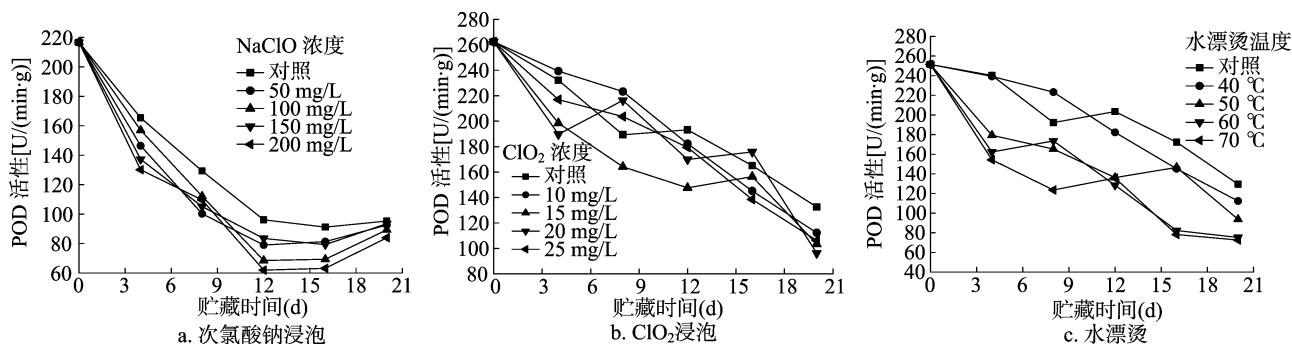


图8 不同预处理方法对鲜切菠萝 POD 活性的影响

5 个不同浓度的 NaClO 处理中(含对照),200 mg/L NaClO 的处理效果最好,能有效地抑制 PPO、POD 的活性,防止褐变的发生,更好地保持维生素 C 的含量和保持鲜切菠萝的感官品质,将贮藏期延长至 10 d;在 5 个不同浓度的 ClO₂ 处理中(含对照),20 mg/L ClO₂ 的处理效果最好,可更好地抑制鲜切菠萝中微生物的生长和繁殖,降低 PPO 活性,防止鲜切菠萝发生褐变,较好地保持鲜切菠萝的品质,将其贮藏期延长至 8 d;热处理可以有效抑制鲜切菠萝的微生物繁殖^[13],但从 5 个不同温度的水漂烫处理中(含对照)可以看出,漂烫温度越高,鲜切菠萝的维生素 C 和可溶性固形物等营养物质的损失越大,用 60 °C 水漂烫的效果较好,可使鲜切菠萝的贮藏期延长至 7 d。

在所有处理中,200 mg/L NaClO 处理对鲜切菠萝品质保鲜的效果明显好于其他处理,可作为鲜切菠萝贮藏保鲜的有效前处理方法。

参考文献:

- [1] 刘海清,李光辉,黄媛媛,等. 2011 年中国菠萝产业发展现状分析[J]. 热带农业科学,2012,32(3):79-83.
- [2] 孟祥春,高子祥,蒋依辉. 鲜切水果加工工艺及保鲜技术研究现状与发展趋势[J]. 保鲜与加工,2008,8(5):4-7.
- [3] Nutrition U S. FDA allows use of chlorine dioxide antimicrobial for fruits,vegetables[J]. Biotech Business Week,2004,22:10.
- [4] Kim J G,Yousef A E,Dave S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods:a review[J]. Journal of Food Protection,1999,62(9):1071-1087.
- [5] Park W P,Lee D S. Effect of chlorine treatment on cut water cress and onion[J]. Journal of Food Quality,1995,18(5):415-424.
- [6] Yang X H,Zhang Q,Li H J,et al. Analysis on Status quo and future development of fruit and vegetable pretreatment [J]. Agricultural Science & Technology,2015,16(12):2809-2811,2815.
- [7] 杜传来. 鲜切慈菇贮藏中褐变的相关生理生化变化及酶促褐变机理的研究[D]. 南京:南京农业大学,2006.
- [8] 食品中总酸的测定:GB/T 12456—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [9] 赵晓梅,江英,吴玉鹏,等. 果蔬中维生素 C 含量测定方法的研究[J]. 食品科学,2006,27(3):197-199.
- [10] 闵婷,谢君,郑梦林,等. 果蔬采后酶促褐变的机制及控制技术进展[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):273-276.
- [11] 王兰菊,屠琼芳,刘颖,等. 壳聚糖涂膜对鲜切山药品质的影响[J]. 食品工业科技,2009(4):309-311.
- [12] 覃海元,杨昌鹏,Charoenrein S. 柠檬酸和异抗坏血酸钠处理对冷藏鲜切菠萝质量的影响[J]. 食品工业科技,2006,27(8):155-159.
- [13] 姚锐,王义强,谭益民,等. 激素处理对北美香柏扦插繁殖及相关氧化酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):97-102.
- [14] 王丹,张亚玲,徐春莹,等. 干旱胁迫对不同水稻品种抗逆性和抗瘟性相关酶的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(4):49-51.
- [15] 邵远志,李雪萍,李琴,等. 贮藏温度对鲜切菠萝生化品质的影响[J]. 中国食品学报,2011,11(6):134-140.