

两种保鲜剂处理 对鲜切冬瓜保鲜效果的影响

刘程惠^{1,2}, 马涛¹, 胡文忠^{2,*}, 白露露², 王艳颖²

(1.沈阳农业大学食品学院, 辽宁沈阳 110161;

2.大连民族大学生命科学院, 辽宁大连 116600)

摘要:为了研究两种保鲜剂对鲜切冬瓜的保鲜效果,测定了0.1%柠檬酸、0.5% V_C处理后的鲜切冬瓜在4℃贮藏条件下亮度、硬度、相对电导率、MDA、总酚、PPO、POD活性的变化,以及贮藏过程中微生物的动态变化。结果表明:采用两种保鲜剂处理鲜切冬瓜均在一定程度上减缓了亮度L*和硬度的下降速度;延缓了MDA、相对电导率和总酚含量的升高;抑制了PPO、POD的活性,从而减轻了酶促褐变的产生;抑制了鲜切冬瓜中微生物的增长繁殖,延缓了产品品质的下降。比较得到:0.1%柠檬酸处理延缓鲜切冬瓜褐变的效果好于0.5% V_C,而0.5% V_C处理抑制微生物生长的保鲜效果好于0.1%柠檬酸。两种保鲜剂处理均能延长鲜切冬瓜的保质期。

关键词:冬瓜,鲜切,保鲜剂

Fresh-keeping effect of two kinds of preservative treatments on fresh-cut wax gourd

LIU Cheng-hui^{1,2}, MA Tao¹, HU Wen-zhong^{2,*}, BAI Lu-lu², WANG Yan-ying²

(1.College of Food Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China;

2.College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

Abstract: In order to compare fresh-keeping effect of two kinds of preservative treatments on fresh-cut wax gourd treated with 0.1% citric acid and 0.5% V_C under 4℃ was studied by measuring the illumination, hardness, relative electrical conductivity, content of MDA and total phenol, the activity of PPO and POD, and the dynamical variation of microbial community. The results dedicated that both of two preservative treatments slowed down illuminations L*, hardness reduction speed, retarded elevation of MDA, relative electrical conductivity and total phenol, inhibited the activities of PPO and POD, in turn, allevated the production of the enzymatic browning. They also inhibited microbial growth and delayed decline of the quality of the product. By comparison, the effect of preservative 0.1% citric acid treatment was better than that with 0.5% V_C in postpone of browning, and the effect of preservative with 0.5% V_C was better than that with 0.1% citric acid in inhibing the microorganism growth. Two kinds of preservative treatment could prolong the shelf life of fresh-cut wax gourd.

Key words: Wax Gourd; fresh-cut; preservative

中图分类号: TS225.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)15-0307-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.15.056

冬瓜属葫芦科,为季节性较长的草本植物^[1]。广泛销售于泰国、印度、朝鲜、日本以及一些亚热带地区^[2]。冬瓜瓜肉鲜嫩,气味清香^[3],富含丰富的营养物质^[4],其微量元素Ca、Fe的含量比西瓜丰富,V_C含量可与西红柿相媲美^[5]。

冬瓜因其是耐贮藏、清香美味、营养丰富的佳品而深得广大消费者追捧。多数地区冬瓜以鲜销为主,完整冬瓜的单重在5~10 kg之间,形状以长圆筒

形偏多。因其形态巨大,超市、菜市场的冬瓜一般采取将其竖切成大圆块、重量维持在1~3 kg、保鲜膜直接包裹的方式或者现买现切的方式进行销售。这样销售方式的冬瓜具有易受污染微生物、贮藏期短、不美观、不能即食等缺点。目前鲜切冬瓜片的销售在市面上仍然很少见,为此对鲜切冬瓜产品的研究符合消费者对即食果蔬的需要^[6]。国内外关于冬瓜保鲜的研究报道很少,关于鲜切冬瓜保鲜的领域几乎

收稿日期:2014-10-11

作者简介:刘程惠(1979-),女,博士研究生,研究方向:食品科学与工程,E-mail:liuchenghui@dlnu.edu.cn。

*通讯作者:胡文忠(1959-),男,博士,教授,研究方向:食品科学,E-mail:hwz@dlnu.edu.cn。

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD38B05);中央高校基本科研业务费专项资助项目(DC201502020402)。

无人涉及,鲜切冬瓜保鲜技术不但能够满足消费者的消费需求,也可以扩大冬瓜的销售,推动鲜切果蔬行业的发展。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

本实验所用的材料冬瓜由大连开发区乐购超市提供。聚乙烯吡咯烷酮、过氧化氢、愈创木酚、甲醇、95%乙醇、三氯乙酸、福林酚、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠邻苯二酚、L-蛋氨酸(MET)、氮蓝四唑(NBT)、 β -巯基乙醇、EDTA-Na₂等化学试剂均为分析纯;营养琼脂、孟加拉红等培养基。

T-25型匀浆器 德国IKA公司;BR4i型台式高速冷冻离心机 法国Jouan公司;CR400/CR410型色差计 日本KonicaMinolta;Lambda-25型紫外可见分光光度计 美国PE;DEN4824119电导仪 美国Thermo Orion公司;VS-1300超净工作台 苏州市苏信净化设备厂;TA.XT2i/50型物性测试仪 英国Stable Micro Systems公司。

1.2 实验方法

1.2.1 鲜切冬瓜的处理方法 原料→水洗→去皮→切片(长×宽×厚;5 cm×3 cm×7 mm)→置于保鲜溶液中浸泡3 min→沥干→称重、装盘→保鲜膜密封→置于4℃冷库内贮藏→每日取样进行相关指标测定,每个指标重复测定3次,计算标准偏差。保鲜液:0.1%柠檬酸、0.5% V_C和去离子水为对照(CK)。

1.2.2 理化指标测定

1.2.2.1 颜色亮度的测定 采用日本CR400/CR410型色差计测试鲜切冬瓜片的L*值^[7]。

1.2.2.2 硬度的测定 采用TPA质构分析,测试参数为P/5探头,下降速度2 mm/sec,刺入速度1 mm/sec,返回速度10 mm/sec,触发力度5 g。

1.2.2.3 相对电导率测定 将冬瓜切片组织切成2 mm厚的薄片,再用打孔器打取直径4 mm的圆片。称取5.0 g圆片,将其置于25 mL比色管中后加入25 mL双蒸水浸泡,每隔5 min振荡一次,30 min后测其电导率 γ_1 。置于沸水浴中煮沸5 min,冷却后测定其电导率 γ_0 。相对电导率计算:

$$\gamma_c(\%) = \frac{\gamma_1}{\gamma_0} \times 100$$

1.2.2.4 多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)活性的测定 参照HU^[8]和胡位荣^[9]的方法,略作修改:5 g样品加入20 mL、0.2 mol/L的磷酸缓冲液(pH6.4),冰浴匀浆,4℃、12000×g离心30 min。取上清液进行PPO、POD活性、MDA含量的测定。

PPO测定:取3.0 mL 50 mmol/L邻苯二酚溶液于石英比色皿中,加入0.5 mL粗酶提取液,加盖迅速混匀,5 s后放入紫外分光光度计中开始扫描10 s内A_{398 nm}值的变化。结果以 $\Delta A_{398 nm} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 表示。

POD测定:取2.0 mL 50 mmol/L愈创木酚溶,加入0.5 mL酶液(适当稀释),混匀于30℃水浴中保温5 min,加入1 mL 0.08% H₂O₂溶液后扫描1 min内A_{460 nm}值的变化。结果以 $\Delta A_{460 nm} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 表示。

1.2.2.5 MDA含量的测定 参照Roksana^[10]的方法,

并作适量修改。取1.5 mL粗酶提取液,加入2.5 mL 0.67 g/L硫代巴比妥酸溶液,沸水浴煮沸18 min,迅速冷却。再在3000×g条件下离心10 min。分别测定532 nm和600 nm波长处的吸光度值。

1.2.2.6 总酚含量测定 采用盐酸-甲醇的方法^[11-12]:称取5 g样品加入25 mL预冷的1%盐酸甲醇溶液,匀浆,4℃离心(12000×g,20 min)。上清液于280 nm处比色。酚类含量以 $\Delta A_{280 nm} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 表示。

1.2.3 微生物的测定 将25 g鲜切冬瓜样品切成小块,并放于装有225 mL无菌水的三角瓶中,充分振荡后形成1:10的均匀稀释液。稀释液再按梯度稀释。整个过程无菌操作。

菌落总数的测定:按照GB 4789.2-2010《菌落总数计数》,选取3个适宜稀释度,取1 mL加入无菌培养皿中,皿中加入适量营养琼脂,(36±1)℃培养48 h,进行菌落总数的检测;霉菌和酵母菌的测定:按照GB 4789.15-2010《霉菌和酵母计数》,选取3个适宜稀释度,取1 mL加入无菌培养皿中,皿中加入15 mL孟加拉红培养基,(28±1)℃培养5 d,进行霉菌和酵母菌计数。乳酸菌的测定:按照GB 4789.35-2010《乳酸菌检验》,选取3个适宜稀释度,各取0.1 mL加入到MRS平板进行涂布,(36±1)℃,48±2 h进行乳酸菌总数计数。

1.3 数据统计分析

用Excel 2003处理软件处理数据,并进行标准偏差和显著性分析。

2 结果与分析

2.1 鲜切冬瓜在贮藏期过程中理化指标的变化

2.1.1 鲜切冬瓜颜色变化 果蔬的外观色泽直接反映果蔬的新鲜程度,色泽差的产品降低了商品价值和经济价值^[13-14]。如图1所示,切割作用使得鲜切冬瓜的细胞受到了伤害,随着水分不断丧失,表面氧化等因素的影响,不同处理条件下的冬瓜的亮度L*随贮藏时间的延长逐渐下降。L*越低,其褐变情况就越严重^[15]。两种保鲜剂处理的样品其亮度下降程度明显低于对照样品,且与对照样品相比,差异均极显著($p < 0.01$)。其中0.1%柠檬酸处理对鲜切冬瓜颜色的维持效果更好。

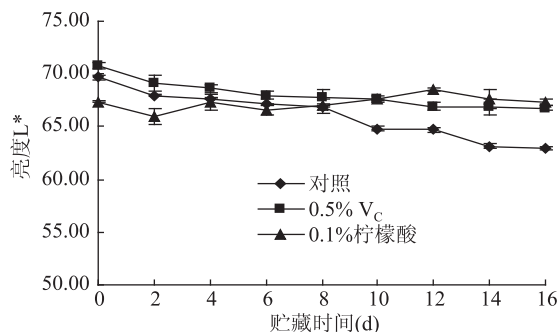


图1 不同处理对鲜切冬瓜亮度L*的影响
Fig.1 Effects of various treatments on luminance of fresh-cut Wax Gourd

2.1.2 硬度的变化 如图2,不同处理条件下的鲜切

冬瓜的硬度在贮藏期内不断下降。硬度的下降可能由于冬瓜组织细胞壁的果胶物质的分解所导致^[16]。水分的丧失、营养物质的消耗以及腐烂度增加也会引起样品硬度下降。

三种处理的冬瓜样品在贮藏前期硬度下降缓慢。在贮藏期的第10 d 对照组样品的硬度迅速下降,第14 d 后两种保鲜剂处理的样品硬度也开始迅速下降。0.5% V_C 处理在前8 d 贮藏的时间里,对鲜切冬瓜硬度的维持效果最好,且与对照样品相比差异显著($p < 0.05$)。0.1% 柠檬酸处理在贮藏后期(10~14 d)能较好的维持鲜切冬瓜的硬度,且与对照样品相比差异显著($p < 0.05$)。

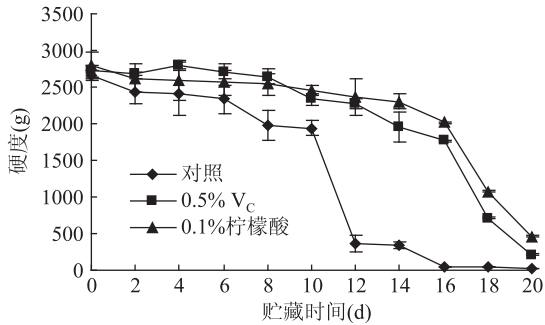


图2 不同处理对鲜切冬瓜硬度的影响

Fig.2 Effects of various treatments on hardness of fresh-cut Wax Gourd

2.1.3 相对电导率的变化 如图3所示,在贮藏期间的前8 d,三种处理的鲜切冬瓜的相对电导率变化相近,且变化趋势并不明显。在第8 d 时,所有样品的相对电导率逐渐上升,这是由于当果蔬组织受到损伤后,细胞膜内的电解质外渗,导致了电导率的上升。第10 d 后,对照样品的相对电导率最高,且上升趋势最为明显。在贮藏期间,0.5% V_C 与0.1% 柠檬酸保鲜效果一直相近,均能降低鲜切冬瓜样品相对电导率的增加速率。

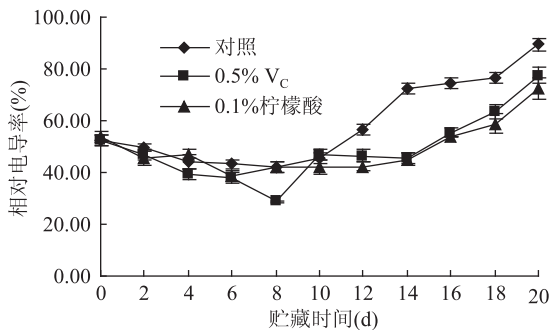


图3 不同处理对鲜切冬瓜相对电导率的影响

Fig.3 Effects of various treatments on relative electrical conductivity of fresh-cut Wax Gourd

2.1.4 丙二醛(MDA)含量的变化 膜脂过氧化是鲜切果蔬生理生化变化的一个主要特征,MDA 是膜脂氧化的主要产物之一^[17]。如图4,三种处理的鲜切冬瓜在贮藏前期 MDA 含量处于上升趋势,在第10 d 时达到峰值。当果蔬组织受伤逆境胁迫时,膜降解的发生导致 MDA 含量的增加。之后,随着贮藏时间的延长,MDA 含量不断下降,说明冬瓜膜组分的酶促

降解速率逐渐降低。整个贮藏过程中,两种保鲜剂处理样品的 MDA 含量一直低于对照样品,但与对照样品相比差异不显著($p > 0.05$),它们抑制 MDA 变化的效果相近。

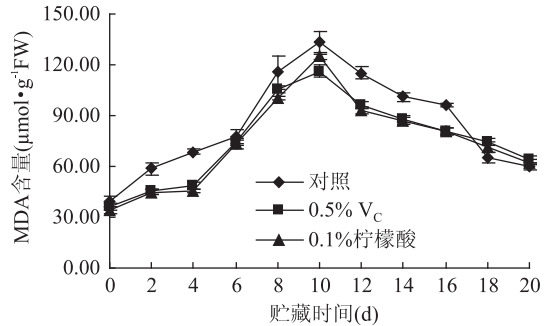


图4 不同处理对鲜切冬瓜 MDA 含量的影响

Fig.4 Effects of various treatments on MDA content of fresh-cut Wax Gourd

2.1.5 总酚含量的变化 如图5,三种处理鲜切冬瓜在贮藏期间,前6 d 总酚含量呈现平缓下降趋势。随后总酚含量一直处于增加趋势。酚类不仅导致果蔬的褐变,还与果蔬的成熟衰老有关,在果蔬受到切割等伤害后,会激发其体内抗性物质的增加,从而导致了总酚的增加^[18]。对照样品总酚含量显著高于0.5% V_C 、0.1% 柠檬酸处理的样品($p < 0.05$),两种保鲜剂均有效的抑制了总酚含量的增加,其中0.1% 柠檬酸处理的抑制总酚增加的效果更好。

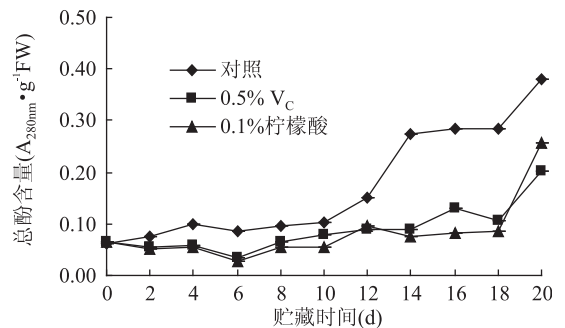


图5 不同处理对鲜切冬瓜总酚含量的影响

Fig.5 Effects of various treatments on total phenols content of fresh-cut Wax Gourd

2.1.6 PPO 活性的变化 如图6,三种处理鲜切冬瓜的 PPO 的活性在贮藏前期处于增加趋势,在第8 d 达到峰值。当果蔬受到机械损伤后其 PPO 活性增大,加速酶促褐变反应^[19-20],导致果蔬品质迅速下降。对照样品的 PPO 活性高于保鲜剂处理样品的 PPO 活性,说明两种保鲜剂处理均减慢了鲜切冬瓜褐变的速度。在贮藏后期(12~20 d),0.1% 柠檬酸对 PPO 活性的抑制效果较好。

2.1.7 POD 活性的变化 POD 是果蔬体内普遍存在的一种氧化还原酶,它是导致果蔬褐变的另一种酶类,影响着鲜切果蔬的品质。如图7,在贮藏前期,三种处理的鲜切冬瓜 POD 的活性一直增加,之后平缓下降。对照组、0.1% 柠檬酸处理的冬瓜在第10 d 时其活性又开始逐渐上升;0.5% V_C 处理样品在第12 d 时活性开始上升。在整个贮藏期间内,对照组的冬

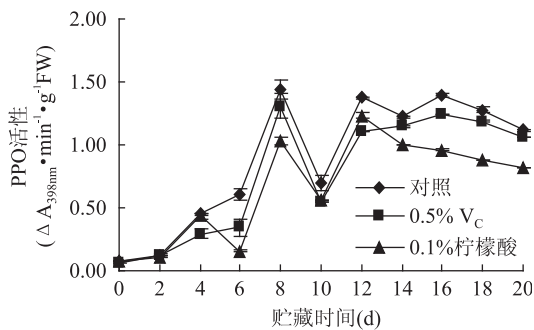


图6 不同处理对鲜切冬瓜 PPO 活性的影响

Fig.6 Effects of various treatments on PPO activity of fresh-cut Wax Gourd

瓜的 POD 活性显著高于保鲜剂处理的冬瓜的活性 ($p < 0.05$)。在贮藏前期(0~10 d),0.5% V_c 对 POD 酶活的抑制效果好于 0.1% 柠檬酸,而贮藏后期(10~20 d)0.1% 柠檬酸对 POD 酶活的抑制效果则好于 0.5% V_c 处理。

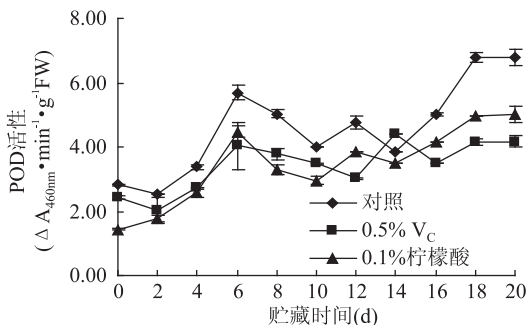


图7 不同处理对鲜切冬瓜 POD 活性的影响

Fig.7 Effects of various treatments on POD activity of fresh-cut Wax Gourd

2.2 鲜切冬瓜在贮藏期过程中微生物的变化

2.2.1 细菌菌落总数的变化 如图 8,在贮藏期间,三种处理的鲜切冬瓜的细菌菌落总数随着时间延长而增加。贮藏前期(0~7 d),两种保鲜剂处理的样品细菌总数均低于对照样品,贮藏期的第 8 d,对照样品的菌落总数为 1.13×10^6 CFU/g,两种保鲜剂处理样品菌落总数仍低于法国规定的鲜切蔬菜保持良好品质的微生物标准(菌落总数 $< 5 \times 10^5$ cfu/g^[21])。贮藏中期(8~15 d),两种保鲜剂抑制细菌总数的能力相近,均比对照样品的菌落总数低了 1 个数量级。贮藏后期(16~20 d),0.1% 柠檬酸处理的鲜切冬瓜的细菌总数比对照少了 1 个数量级,0.5% V_c 处理的比对照少 2 个数量级。总体来看,0.5% V_c 抑制细菌总数效果较好。

2.2.2 霉菌菌落总数的变化 如图 9,对照样品的霉菌菌落总数在整个贮藏期间呈递增趋势。贮藏期的前 3 d,两种保鲜剂处理均抑制了霉菌的生长。贮藏期的第 4 d 开始,0.1% 柠檬酸处理样品的菌落总数呈缓慢递增趋势,且与对照样品相比差异显著($p < 0.05$)。贮藏期的第 6 d 开始,0.5% V_c 处理样品的菌落总数呈缓慢递增趋势,且与对照样品相比差异显著($p < 0.05$)。到贮藏期的第 10 d,两种保鲜剂处理样品霉菌菌落总数递增趋势相似。在整个贮藏过程

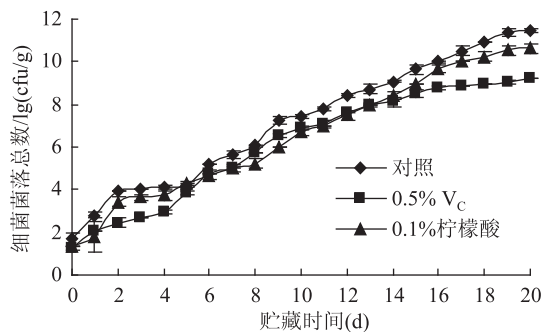


图8 不同处理对鲜切冬瓜细菌菌落总数的影响

Fig.8 Effects of various treatments on total bacterial counts of fresh-cut Wax Gourd

中,保鲜剂处理的样品霉菌菌落总数增长速度低于对照样品,说明保鲜剂起到了一定的抑制霉菌的效果。

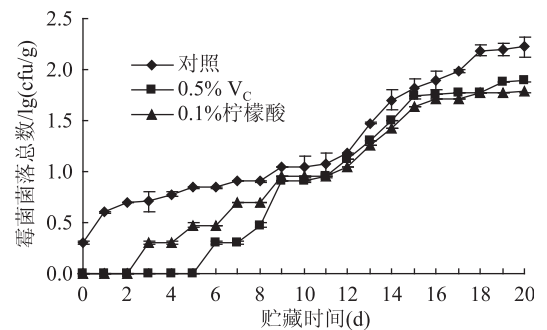


图9 不同处理对鲜切冬瓜霉菌菌落总数的影响

Fig.9 Effects of various treatments on fungal counts of fresh-cut Wax Gourd

2.2.3 酵母菌菌落总数的变化 鲜切果蔬上酵母菌的生长速度比霉菌更快,从而引起了产品的腐败^[22]。如图 10 所示,三种处理的鲜切冬瓜酵母菌总数在贮藏期内均呈递增趋势。贮藏 0~2 d,0.5% V_c 、0.1% 柠檬酸没有检出酵母菌。从第 3 d 开始,0.1% 柠檬酸处理的样品酵母菌开始生长,0.5% V_c 处理样品的酵母菌从第 4 d 开始生长。整个贮藏期间,0.5% V_c 处理样品的酵母菌相对于 0.1% 柠檬酸处理酵母菌生长趋势缓慢,保鲜剂处理样品的酵母菌菌落总数低于对照样品。

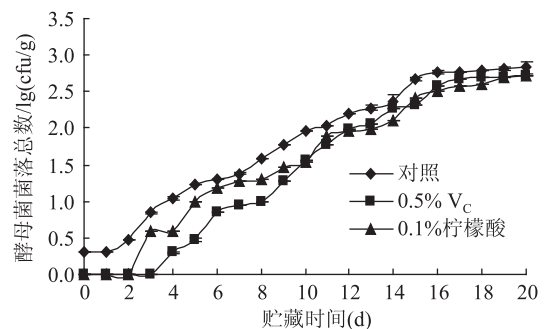


图10 不同处理对鲜切冬瓜酵母菌菌落总数的影响

Fig.10 Effects of various treatments on Yeast counts of fresh-cut Wax Gourd

2.2.4 乳酸菌菌落总数的变化 在贮藏期间,三种处理样品基本没有检出乳酸菌,初步推断乳酸菌不

是导致鲜切冬瓜品质下降和腐烂程度增加的主要菌种。

3 结论

鲜切冬瓜在受到切割伤害后,诱发体内发生一系列的生理生化变化以及微生物的侵染。采用0.5% V_c 和0.1% 柠檬酸处理鲜切冬瓜均在一定程度上减缓了亮度 L^* 、硬度的下降速度;延缓了MDA和总酚含量的升高;抑制了PPO、POD的活性,从而减轻了酶促褐变的产生。

三种处理样品的细菌、霉菌、酵母菌菌落总数在整个贮藏期内均呈上升趋势,贮藏期前3 d内,保鲜剂处理没有检出霉菌和酵母菌,起到了明显的抑菌效果。在贮藏期的前10 d保鲜剂的抑菌效果最好,但10 d之后保鲜剂的抑菌效果相对减弱,微生物大量生长。整个贮藏期内0.5% V_c 、0.1% 柠檬酸处理有效的降低了微生物的数量。

比较可知,0.1% 柠檬酸处理延缓鲜切冬瓜褐变的效果好于0.5% V_c ,而0.5% V_c 处理抑制微生物生长的效果好于0.1% 柠檬酸。

参考文献

[1] Nakashima M, Shigekuni Y, Obi T, et al. Nitric oxide-dependent hypotensive effects of wax gourd juice [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, 138: 404-407.

[2] Atiwetin P, Harada S, Kamei K. Serine proteinase inhibitor from wax gourd (*Benincasa hispida* [Thunb] Cogn.) seeds [J]. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 2006, 70 (3): 743-745.

[3] Lan W T, Chen Y S, Yanagida F. Isolation and characterization of lactic acid bacteria from Yan-dong-gua (fermented wax gourd), a traditional fermented food in Taiwan [J]. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 2009, 108(6): 484-487.

[4] 杨敏. 冬瓜挥发性成分的固相微萃取. 气质联用分析 [J]. *食品工业科技*, 2010, 31(1): 134-137.

[5] 姜觅, 谢锋. 冬瓜汁乳酸发酵饮料的研究 [J]. *食品科学*, 2006, 27(3): 267-271.

[6] Meng X Y, Zhang M, Adhikaric B. Extending shelf-life of fresh-cut green peppers using pressurized argon treatment [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2012, 71: 13-20.

[7] Gómez P L, Alzamora S M, Castro M A, et al. Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior [J]. *Journal of Food Engineering*, 2010, 98: 60-70.

[8] Hu W Z, Jiang A L, Tian M X, et al. Effect of Ethanol Treatment on Physiological and Quality Attributes of Fresh-cut Eggplant [J]. *Journal of the science of food and agriculture*, 2010,

90(8): 1323-1326.

[9] 胡位荣, 刘顺枝, 黄惠娟, 等. 抗坏血酸与壳聚糖处理对鲜切香芋贮藏效果的研究 [J]. *食品科学*, 2010, 31 (24): 436-439.

[10] Huque R, Wills R B H, Pristijono P, et al. Effect of nitric oxide (NO) and associated control treatments on the metabolism of fresh-cut apple slices in relation to development of surface browning [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 78: 16-20.

[11] Pirie A, Mullins M G. Changes in anthocyanin and phenolics content of grapevine leaf and fruit tissues treated with sucrose, nitrate, and abscisic acid [J]. *Plant Physiology*, 1976, 58 (4): 468-472.

[12] 王艳颖, 胡文忠, 刘程惠. 间歇升温对采后香蕉李贮藏中酶促褐变的影响 [J]. *食品科学*, 2013, 31(2): 245-249.

[13] Lana M M, Tijskens L M M, Kooten O V. Effects of storage temperature and stage of ripening on RGB colour aspects of fresh-cut tomato pericarp using video image analysis [J]. *Journal of Food Engineering*, 2006, 77: 871-879.

[14] Wu Di, Sun D W. Colour measurements by computer vision for food quality control—A review [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2013, 29(1): 5-20.

[15] 庞坤, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 鲜切苹果贮藏期间生理生化变化的影响 [J]. *食品与机械*, 2008, 24(1): 50-54.

[16] Peter M A, Toivonen, David A, Brummell b. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 48: 1-14.

[17] Bi X F, Wu J H, Zhang Y, et al. High pressure carbon dioxide treatment for fresh-cut carrot slices [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2011, 12(3): 298-314.

[18] 刘程惠, 胡文忠, 刘易伟, 等. 柠檬酸处理鲜切猕猴桃在贮藏过程中抗氧化活性的变化 [J]. *食品科学*, 2014, 35(2): 292-296.

[19] Chen Z, Zhu C H, Zhang Y, et al. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.) [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2010, 58(3): 139-148.

[20] 程双, 胡文忠, 刘程惠, 等. 鲜切果蔬酶促褐变发生机理的研究 [J]. *食品工业科技*, 2010(1): 74-80.

[21] Nguyen C, Carlin F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables [J]. *Food Science and Nutrition*, 1994, 34(4): 371-401.

[22] 胡文忠, 姜爱丽, 刘程惠, 等. 鲜切果蔬科学、技术与市场 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 164-165.

权威·核心·领先·实用·全面