

谢冬娣, 韦燕佩, 宋慕波, 等. 咪鲜胺添加纳米 TiO_2 对淮山贮藏品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(5): 166–169.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.05.041

咪鲜胺添加纳米 TiO_2 对淮山贮藏品质的影响

谢冬娣¹, 韦燕佩¹, 宋慕波¹, 岳 君²

(1. 贺州学院食品与生物工程学院, 广西贺州 542899; 2. 贺州学院旅游与体育健康学院, 广西贺州 542899)

摘要:以淮山为试材, 采用咪鲜胺稀释液复合纳米二氧化钛 (TiO_2) 配制保鲜液处理, 以腐烂指数、失质量率、褐变度 (BD)、丙二醛 (MDA) 含量、可溶性固形物 (TSS) 含量、多酚氧化酶 (PPO) 和过氧化物酶 (POD) 活性、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH) 自由基清除率为评价指标, 对贮藏期的淮山品质进行分析。结果表明, 咪鲜胺添加纳米 TiO_2 能明显延长淮山贮藏寿命, 降低腐烂指数和失质量率, 减缓果实内含物的损失和 MDA 的积累, 抑制褐变酶 PPO 和 POD 的活性, 维持较好的抗氧化作用。其中添加 1.0% 纳米 TiO_2 到 450 倍液咪鲜胺稀释液复合处理效果优于其他处理, 贮藏 20 d 仍有较好品质。

关键词:淮山; 咪鲜胺; 纳米 TiO_2 ; 贮藏; 品质

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)05-0166-04

淮山 (*Dioscorea opposita* Thunb) 别称淮山药、薯蓣等, 为薯蓣科 (现为国家卫生健康委员会) 的地下块茎, 含大量淀粉及蛋白质、B 族维生素、维生素 C、氨基酸等, 是国家卫生部公布的药食同源的蔬菜之一^[1]。贺街淮山是广西贺州市的国家农产品地理标志保护产品, 其中早熟品种以根茎粗壮且质地鲜嫩而盛名, 适宜用于各菜式烹饪。但其采收时容易造成机械损伤, 在贮运过程中存在根茎长且容易被折断, 皮薄容易破损等不足^[2]。由于淮山自身具备酚类化合物和酚类氧化酶, 在贮运过程中容易暴露于空气中, 引起强烈的褐变、软化和变质现象^[3], 严重影响其鲜销的商品价值, 长时间贮藏及远距离运输都存在一定的困难。

咪鲜胺 (prochloraz) 可用于治疗和防治微生物引起的油料作物、谷类、热带和亚热带水果、观赏植物、蔬菜及各种经济作物病害及贮藏期的病害^[4]。笔者曾应用咪鲜胺处理淮山、马蹄, 了解到一定浓度咪鲜胺能够抑制贮藏期果蔬表面的微生物快速增长, 对延长果蔬的保藏期有一定效果^[5-6]。吴忠红等也用咪鲜胺处理番石榴, 发现咪鲜胺可以延缓果实货架期^[7]。咪鲜胺配伍性能好, 均有明显的增效作用, 例如, 用咪鲜胺与壳聚糖复合保鲜脐橙获得了良好效果^[4]。纳米二氧化钛 (TiO_2) 又叫钛白粉, 是有机材料改性中应用最为活跃的纳米材料之一, 除具有粒径小、表面活性高、生物兼容性好、吸收紫外线强等独特性能外, 还具有无毒、抗菌、超亲水性等特点^[8-10]。而咪鲜胺与纳米 TiO_2 复合用于果蔬保鲜的研究尚未见报道。笔者探讨在冷藏条件下添加不同浓度纳米 TiO_2 对咪鲜胺保藏淮山的增效作用, 以期延长淮山的贮藏期, 并为探讨咪鲜胺的安全使用途径提供参考。

收稿日期: 2018-09-09

基金项目: 广西自然科学基金 (编号: 2017GXNSFAA198082); 广西贺州市科学研究与技术开发计划 (编号: 贺科攻 1541005)。

作者简介: 谢冬娣 (1968—), 女, 广西贺州人, 副教授, 主要从事果蔬贮藏与加工研究。E-mail: xiedongdi@163.com。

通信作者: 岳 君, 硕士, 教授, 主要从事运动营养研究。E-mail: hzyuejun@163.com。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器设备

淮山 (贺街淮山早熟种), 购于贺州市贺街镇农户田间; 咪鲜胺 (25% 乳油), 江苏省宜兴兴农化工制品有限公司; 纳米 TiO_2 (30 nm), 上海迈坤化工有限公司, 分析纯。

仪器主要有 Mar-80 型大容量电动离心机、AR-124CN 电子分析天平、VIS-723 可见光分光光度计、85-1 恒温磁力搅拌器、pHS-2C 精密 pH 计、阿贝尔折光仪、实验室小型冷库等。

1.2 试验方法

1.2.1 复合保鲜处理试验 随机选取均匀、无病、无虫害、无损伤、成熟度一致的淮山样品, 冲洗淮山表面泥土, 稍稍晾干, 切成 20 cm 左右的小段, 备用。

通过预试验, 分别从咪鲜胺稀释液 (300、350、400、450、500 倍液) 和纳米 TiO_2 (0.8%、1.0%、1.2%、1.4%) 单一处理结果中筛选效果较好的浓度进行复合处理。

咪鲜胺稀释倍数设为 425、450、475 倍, 分别加入纳米 TiO_2 (1.0%、1.2%), 得到不同浓度的咪鲜胺复合保鲜溶液。将淮山浸入保鲜液中, 5 min 后取出, 晾干至表面无水分, 将淮山装入保鲜袋中敞口放置于冷藏室中 (10℃)。以清水处理为空白对照 (CK)。贮藏期 20 d, 每 5 d 观察检测各处理淮山的腐烂指数、失质量率、褐变度 (browning degree, 简称 BD)、丙二醛 (MDA) 含量、可溶性固形物 (TSS) 含量、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基 (DPPH·) 清除率、多酚氧化酶 (PPO) 和过氧化物酶 (POD) 活性, 综合分析评价各复配液处理下淮山的贮藏品质。

1.2.2 指标检测方法 失质量率: 采用称质量法测定。褐变度: 采用消光值法测定, 参照谢冬娣等的方法^[11], 在波长 410 nm 处测定其吸光度 $D_{410\text{ nm}}$, 以 $10 \times D_{410\text{ nm}}$ 表示褐变度。PPO 活性: 采用邻苯二酚法测定, 参照向洋的方法^[12]。POD 活性: 采用愈创木酚法, 测定参照向洋的方法^[12]。MDA 含量: 采用硫代巴比妥酸 (TBA) 比色法, 参照宋慕波等的方

法^[13-14]。TSS 含量:采用阿贝尔折光仪测定,参照曹建康等的方法^[15]。DPPH·清除率:参照 Larrauri 等的方法^[16]测定,结果以百分率表示。腐烂指数:通过感官方法进行检测,根据淮山表面腐烂程度分为 0~4 级,0 级,表面无霉变现象;1 级,表面霉变面积约为 0~<1/4;2 级,表面霉变面积约为 1/4~<1/2;3 级,表面霉变面积为 1/2~<3/4;4 级,表面霉变面积约为 3/4~1^[5]。其计算按下式进行:

$$\text{腐烂指数} = \frac{\sum(\text{腐烂级别} \times \text{该级别果数})}{\text{腐烂最高级别} \times \text{调查果实总数}} \times 100\%。$$

2 结果与分析

2.1 咪鲜胺复合纳米 TiO₂ 保鲜液对淮山失质量率的影响

水分是维持果蔬新鲜度的重要因素。早熟淮山中含水量较高,如果失水过多,失质量率过大,会直接影响到淮山的货架期。图 1 显示,淮山在贮藏过程中,无论是 CK 组还是保鲜液处理组的淮山失质量率随着时间延长而增大,表明贮藏期淮山失水愈加严重。原因可能是切分果蔬或破损果蔬生命代谢加剧,膜脂过氧化作用加强,细胞膜透性改变,组织内的水分通过表面的细孔迅速蒸发^[17]。试验时发现,首先是淮山表面呈皱缩状,接着由外至内使淮山的肉质迅速变软,甚至腐烂。但各处理组的失质量率明显低于 CK 组,说明复合保鲜处理能有效降低失质量率,阻止淮山水分的散失而延长其贮藏期。究其原因,可能是纳米材料的高亲水性特点所致。由图 1 可以看出,CK 组的失质量率较大,其次是 1.2% 纳米 TiO₂ + 425 倍液咪鲜胺处理组;而 1.0% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺处理组和 1.2% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺处理组能够更好地延缓淮山的失质量率的上升,有效抑制了淮山的水分散失,与 CK 组相比差异非常明显。

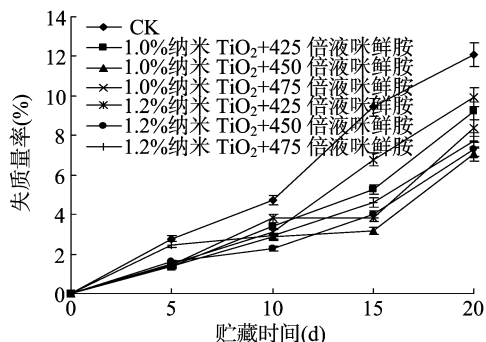


图1 复合保鲜处理对淮山失质量率的影响

2.2 咪鲜胺复合纳米 TiO₂ 保鲜液对淮山腐烂指数的影响

淮山在采后贮藏和切段过程中,其组分发生改变,自身抵抗能力减弱,易导致发生各种生理及侵染性病害,引起淮山腐烂变质,营养流失,失去商品价值^[11]。图 2 显示,所有处理组的腐烂指数均呈上升趋势,且 CK 组始终保持最高水平。复合保鲜液处理组的腐烂指数明显低于 CK 组。到贮藏期 20 d 时,1.0% + 450 倍液咪鲜胺处理组 20 d 的腐烂指数为 22.42%,而 CK 组高达 57.33%,原因是咪鲜胺复合纳米 TiO₂ 保鲜液使切分淮山表面的菌体细胞膜的可塑性和流动性受到破坏而失去正常功能,导致菌群生长受抑制^[5]。在所有保鲜处理组中,1.0% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺处理组和 1.2% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺处理组抑制效果最为明显。

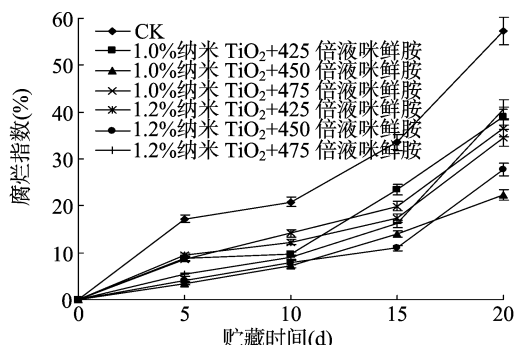


图2 复合保鲜处理对淮山腐烂指数的影响

2.3 咪鲜胺复合纳米 TiO₂ 保鲜液对淮山多酚氧化酶活性的影响

PPO 是自然界中分布极广的一种金属蛋白酶,普遍存在于生物体中^[11]。PPO 催化果蔬原料中的内源性多酚物质氧化生成黑色素,是引起破损果蔬或鲜切果蔬褐变的主要原因^[17]。切分的淮山多酚氧化酶的活性更强,更容易使淮山发生褐变氧化,严重影响产品的营养、风味及外观品质^[12]。图 3 显示,在淮山贮藏期间,各处理的 PPO 活性基本呈先上升后下降状态,但空白对照组 (CK) 的 PPO 活性从贮藏 5 d 开始一直处于最高状态,到贮藏 10 d 时到达峰值。而复合保鲜液各处理组,在贮藏 10 d 未出现峰值,并且远低于 CK 处理组,差异明显。而 1.0% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺处理组的 PPO 活性最低,在整个贮藏期其 PPO 活性与 CK 处理组相比差异明显。此外,1.0% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺处理组和 1.2% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺处理组几乎未出现峰值。表明复合保鲜处理淮山,可抑制 PPO 活性的上升,保持淮山的新鲜度,其中 1.0% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺复合保鲜液处理效果最好。

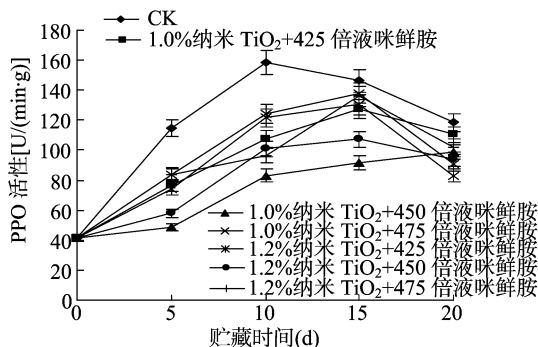


图3 复合保鲜处理对淮山 PPO 活性的影响

2.4 咪鲜胺复合纳米 TiO₂ 保鲜液对淮山过氧化物酶活性的影响

植物体中含有大量 POD,其活性是果蔬成熟、衰老的指标之一,在对果蔬贮藏品质方面有负面影响^[10]。由图 4 可见,所有处理组的 POD 活性都经历了先上升后下降的变化过程,前 5 d 变化缓慢,到贮藏 10 d 各处理组 POD 活性逐渐升高。CK 组峰值较早,在贮藏 10 d 出现;复合保鲜各处理基本在 15 d 出现了峰值,其中 1.0% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺峰值不明显。CK 组 POD 活性在整个贮藏期都处于较高水平,其次是 1.0% 纳米 TiO₂ + 425 倍液咪鲜胺处理组;POD 活性较低的是 1.0% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺和 1.2% 纳米

TiO₂ + 425 倍咪鲜胺处理组,与 CK 组相比,在贮藏 10、15、20 d 呈显著差异。说明复合保鲜有效地抑制了淮山 POD 活性的上升。

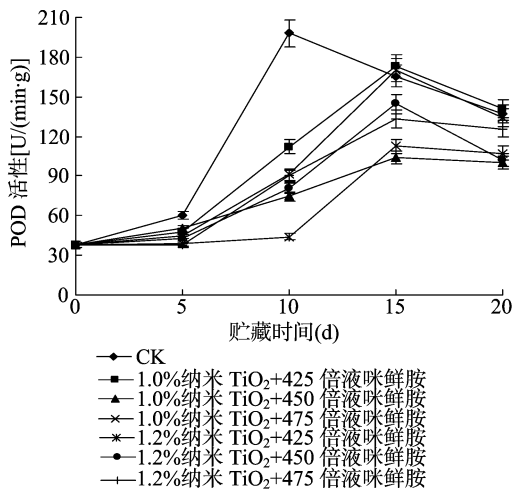


图4 复合保鲜处理对淮山 POD 活性的影响

2.5 咪鲜胺复合纳米 TiO₂ 保鲜液对淮山褐变度的影响

试验以淮山汁的吸光度表示贮藏过程淮山的色泽状态,吸光度越大表明褐变程度越严重。图 5 显示,切分可引起淮山发生褐变,在淮山贮藏期间,随着贮藏期的延长,淮山总体呈现逐渐上升的趋势,纳米 TiO₂ 与咪鲜胺不同浓度复合得到的保鲜液对淮山褐变度的升高也有不同程度的抑制作用,但 CK 组的褐变度均高于复合保鲜液处理组。在贮藏期 10 d 后,1.0% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺和 1.2% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺这 2 组处理组的褐变度曲线相对于其他处理组平缓,明显低于 CK 组的褐变度,这与其能够抑制褐变酶 PPO、POD 活性的结果相一致。说明复合保鲜处理能减缓淮山褐变程度,主要原因可能是保鲜液通过抑制淮山的 PPO、POD 活性,抑制了多酚类物质的氧化,延缓了褐变的发生。

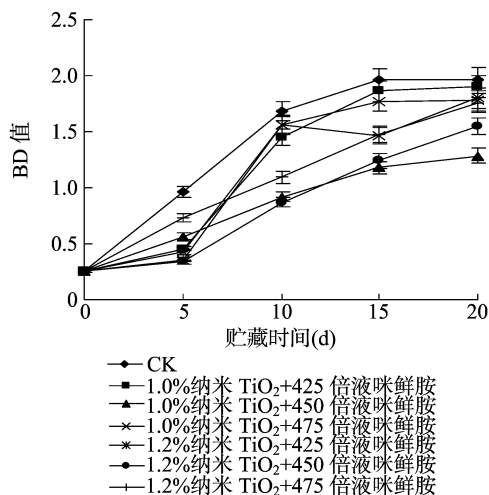


图5 复合保鲜处理对淮山 BD 值的影响

2.6 咪鲜胺复合纳米 TiO₂ 保鲜液对淮山 MDA 含量的影响

MDA 是膜脂过氧化的主要产物之一,其含量变化是衡量果蔬采后衰老进程的重要指标,除了正常衰老过程,在植物受到环境胁迫时随着自由基大量产生,细胞膜发生过氧化或脱脂化,逐步降解产生 MDA^[13]。图 6 显示,CK 组的 MDA 含量

随着贮藏期的延长而快速增加,表明在贮藏期间如果不处理复合保鲜液,淮山的 MDA 含量随着褐变加剧而快速积累。这与贮藏期的腐烂指数、失质量率指标在贮藏 5 d 后快速上升的结果相一致。由图 6 可以看出,在贮藏后 5 d,CK 组与保鲜处理组的 MDA 含量增长不明显。贮藏后 10、15、20 d,CK 组的 MDA 含量快速增长;其中 1.0% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺处理组的 MDA 含量增长曲线相对于其他处理组平缓,明显低于 CK 组。这可能是保鲜液有效地抑制了 POD 活性,使淮山组织启动膜脂过氧化而破坏膜系统的能力降低,促进淮山自身有效清除体内产生的自由基,在一定程度上能延缓衰老^[15]。

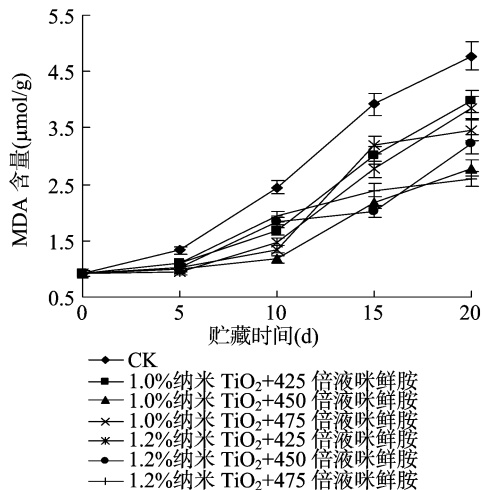


图6 复合保鲜处理对淮山 MDA 含量的影响

2.7 咪鲜胺复合纳米 TiO₂ 保鲜液对淮山 TSS 含量的影响

TSS 是指植物组织中所有可溶于水的化合物的总称。其含量的变化一定程度上反映淮山在贮藏期间的品质变化,其变化幅度越小,说明保存效果越好^[17]。图 7 显示,所有处理组的淮山的可溶性固形物含量在贮藏期间总体上表现为下降趋势,原因可能是淮山被切分后自身的呼吸作用加快导致细胞内物质变化^[12]。由图 7 可以看出,在贮藏后 5 d,对照组与保鲜处理组的 TSS 含量下降不明显。贮藏后 10、15、20 d,CK 组的 TSS 含量快速下降。结果表明,随着褐变腐烂及其膜脂过氧化加剧,TSS 含量损失愈加严重。整个贮藏期淮山 TSS 含量损失最大的是 CK 组,其次是 1.0% 纳米 TiO₂ + 425 倍液咪鲜胺处理组;损失最少的是 1.0% 纳米 TiO₂ + 450 倍液咪鲜胺处理组,与 CK 组相比差异明显,其保鲜效果最佳。说明复合保鲜处理降低了淮山的代谢强度,使可溶性物质的水解速度减缓,在一定贮藏期间相对较好地维持了淮山的贮藏品质。

2.8 咪鲜胺复合纳米 TiO₂ 保鲜液对淮山 DPPH·清除率的影响

DPPH 法是一种稳定性高、灵敏度高的植物抗氧化活性评价方法^[18]。有研究报道,淮山中含有的多糖物质、黏液质及多酚物质具有一定的抗氧化作用,具有一定的消除 DPPH· 的能力^[3]。图 8 显示,随着贮藏时间的延长,无论是 CK 组或者是保鲜处理组,淮山中的自由基清除率均呈现上升趋势。这与贮藏过程中淮山的 MDA 含量、腐烂指数变化呈负相关,与淮山 TSS 含量变化呈正相关。究其原因,推测是果蔬在成熟的过程中,氧气在植物细胞内经过一系列反应后产生自由基,使果蔬迅速成熟、衰老,而机体清除自由基的能

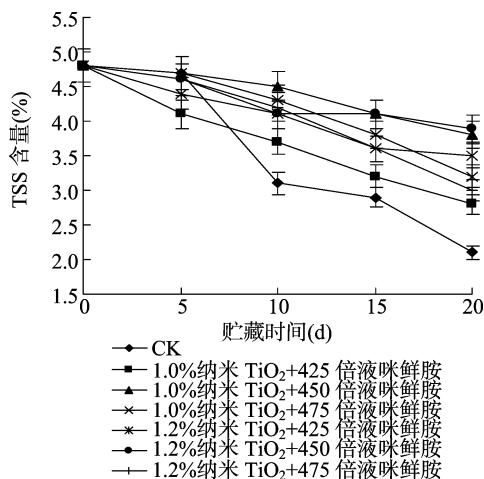


图7 复合保鲜处理对淮山 TSS 含量的影响

力也迅速下降;自由基越多,果蔬成熟、腐烂越来越快^[12]。从图 8 可以看出,CK 组的下降幅度大于各保鲜处理组,在贮藏前 10 d 差异不明显,在贮藏 15 d 差异明显。其中,在贮藏 15、20 d,1.0% 纳米 TiO_2 + 450 倍液咪鲜胺处理组清除自由基的能力始终远高于 CK 组。因此说明复合涂膜处理对淮山自由基的增加有抑制效果。可见,1.0% 纳米 TiO_2 + 450 倍液咪鲜胺处理组能够较好地维持淮山的抗氧化作用。

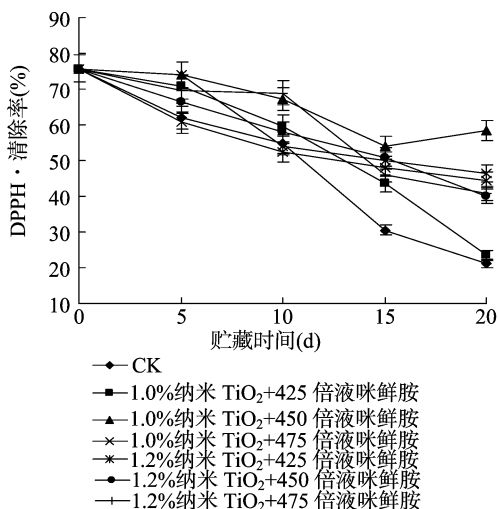


图8 复合保鲜处理对淮山 DPPH·清除率的影响

3 讨论与结论

新鲜的淮山在采挖后不再进行光合作用合成营养物质,而是不断进行呼吸作用继续消耗营养物质,并在呼吸过程中产生了一些有害物质如水和二氧化碳以及乙烯等,在贮运过程会导致组织变质、腐烂^[17]。在生产实践中只能通过保鲜处理来延缓这些现象的发生。

试验数据表明,咪鲜胺复合纳米 TiO_2 保鲜液处理淮山,有效地抑制失质量率和腐烂指数的上升;能够抑制 PPO、POD 酶活性和褐变程度,降低 MDA 的积累,减缓 TSS 的损失,较好地维持淮山的抗氧化能力。其中,1.0% TiO_2 + 450 倍液咪鲜胺的贮藏效果最好,其次是 1.2% TiO_2 + 450 倍液咪鲜胺

处理组。这比笔者^[5-6]之前用咪鲜胺添加助剂处理保鲜果蔬使用的咪鲜胺浓度略低。原因可能有以下几点:(1)咪鲜胺与纳米 TiO_2 复合使用有利于解决咪鲜胺抑菌的选择性(咪鲜胺通常对子囊菌和半知菌引起的多种病害防治效果极佳^[4]);(2)充分发挥了纳米 TiO_2 表面活性高、生物兼容性好的特点,从而提高了保鲜液的附着力和亲水性;(3)由于纳米 TiO_2 吸收紫外线强而致使微生物蛋白质变性,起到抗菌增效作用。淮山采挖于泥土中,表皮附着着各种不同的细菌和致病菌,在咪鲜胺与纳米 TiO_2 的复合处理作用下,用 1.2% TiO_2 + 450 倍液咪鲜胺贮藏可达到较好的协同增效作用。

参考文献:

- [1] 陈佳希,李多伟. 山药的功能及有效成分研究进展[J]. 西北药学杂志,2010,25(5):398-400.
- [2] 韦本辉. 我国淮山药产业发展现状及对策[J]. 现代农业科技,2012(3):352-354.
- [3] 姜翠翠,周如金,关志强,等. 鲜切淮山的褐变及品质调控技术初探[J]. 食品工业,2012(10):126-129.
- [4] 聂青玉. 咪鲜胺壳聚糖复合涂膜对脐橙果实采后品质的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2012,34(4):59-63.
- [5] 谢冬娣,岳君,李富芸,等. 咪鲜胺添加助剂对淮山冷藏效果的影响[J]. 南方农业学报,2018,49(1):136-141.
- [6] 谢冬娣,覃丽丹. 咪鲜胺添加助剂在采后荸荠保藏中的应用[J]. 江苏农业科学,2017,45(17):179-182.
- [7] 吴忠红,张平,车凤斌,等. 咪鲜胺对采后番石榴防腐保鲜的药效试验[J]. 新疆农业科学,2015,52(1):20-25.
- [8] 罗自生,叶轻颀,李栋栋. 纳米二氧化钛改性 LDPE 薄膜包装对草莓品质的影响[J]. 现代食品科技,2013(10):2340-2344.
- [9] 蒋妹泓,苏海佳. 壳聚糖/纳米 TiO_2 复合涂膜对樱桃番茄的保鲜效果[J]. 湖北农业科学,2013,52(4):895-897,902.
- [10] 尹国平,陈志周. 纳米复合薄膜及其在果蔬保鲜中的应用[J]. 包装学报,2012(1):24-28.
- [11] 谢冬娣,李丹梅,龚振维. 木瓜蛋白酶复合剂抑制淮山酶促褐变的应用[J]. 江苏农业科学,2017,45(24):179-182.
- [12] 向洋. 鲜切山药保鲜技术研究[D]. 重庆:西南大学,2009:5-12.
- [13] 宋慕波,方方,陈振林,等. 不同贮藏方式对马蹄贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发,2016,37(23):178-183.
- [14] Liu H T, Liu Y Y, Pan Q H, et al. Novel interrelationship between salicylic acid, abscisic acid, and PIP2-specific phospholipase C in heat acclimation-induced thermotolerance in pea leaves[J]. Journal of Experimental Botany, 2006, 57(12):3337-3347.
- [15] 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.
- [16] Larrauri J A, Sanchez-Moreno C, Saura-Calixto F. Effect of temperature on the free radical scavenging capacity of extracts from red and white grape pomace peels[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(7):2694-2697.
- [17] 庞凌云,祝美云,李瑜,等. 不同涂膜处理对鲜切铁棍山药品质的影响[J]. 食品与发酵工业,2011,37(6):225-228.
- [18] 韦献雅,殷丽琴,钟成,等. DPPH 法评价抗氧化活性研究进展[J]. 食品科学,2014,35(9):317-322.