

涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间抗氧化酶和 PPO 活性的影响

任玉锋, 李壮桃, 张冠楠 (北方民族大学生物科学与工程学院, 宁夏银川 750021)

摘要 [目的]研究涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间抗氧化酶和 PPO 活性的影响。[方法]以灵武长枣为试材,研究海藻酸钠、壳聚糖、普鲁兰多糖涂膜处理对灵武长枣低温(0~4℃)贮藏期间抗氧化酶和 PPO 活性的影响。[结果]3种处理均显著延缓低温(0~4℃)贮藏期间灵武长枣 SOD、CAT 活性的下降速度,同时,有效抑制了 PPO、POD 活性上升速度。贮藏末期,各处理 SOD、CAT 活性均显著高于对照组,PPO、POD 的活性均显著低于对照组,其中,壳聚糖涂膜处理和海藻酸钠涂膜处理效果最显著。[结论]该研究为灵武长枣的贮藏保鲜提供理论根据。

关键词 灵武长枣;涂膜处理;抗氧化酶

中图分类号 S 609+.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)19-0170-02

Effects of Coating Treatment on the Activities of Antioxidant Enzyme and PPO of *Zizphus jujubamill* cv. lingwuchangzao during Low Temperature Storage

REN Yu-feng, LI Zhuang-tao, ZHANG Guan-nan (College of Biological Science and Engineering, The North University for Ethnicity, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract [Objective] To study effects of coating treatment on the activities of antioxidant enzyme and PPO of *Zizphus jujubamill* cv. lingwuchangzao during low temperature storage. [Method] Effects of coating treatment on the activities of antioxidant enzyme of *Zizphus jujubamill* cv. lingwuchangzao were studied at a low temperature (0-4℃). [Result] Three treatments significantly retarded the decrease of SOD and CAT activities in *Zizphus jujubamill* cv. lingwuchangzao during storage at low temperature (0-4℃), and effectively inhibited the activity of antioxidant enzymes PPO, POD. The activity of PPO and POD was lower than that of the control group. Among them, the effect of chitosan coating and seaweed sodium phosphate coating was the most significant. [Conclusion] The study provides a theoretical basis for storage and preservation of *Zizphus jujubamill* cv. lingwuchangzao.

Key words *Zizphus jujubamill* cv. lingwuchangzao; Coating treatment; Antioxidant enzyme

灵武长枣 (*Zizphus jujubamill* cv. lingwuchangzao) 为宁夏具有地方特色的优良鲜食枣品种,栽培历史源远流长^[1]。其果实色艳个大、质地酥脆、酸甜适口。灵武长枣与其他多种优良品种的鲜食枣相似,由于果肉质地致密,含水量低,呼吸代谢旺盛等物理与生理特征,采后极易失水皱缩、软化、褐变和腐烂,使得灵武长枣的风味品质及营养品质遭到严重破坏,严重制约了灵武长枣产业的发展。目前,有关灵武长枣的研究主要集中在种质资源和品种选育^[2-4]、栽培技术^[5]、病虫害防治^[6-7]、贮藏保鲜^[8-9]、加工、化学成分提取、产业化发展^[10-11]等方面,对灵武长枣果实抗氧化作用的研究仅有灵武长枣果实多糖抗氧化作用的研究^[12-13],果实活性物质抗氧化作用研究较少,涂膜处理对低温贮藏期间抗氧化酶活性的影响研究鲜见报道。

涂膜处理是近几十年开发的一种有效果品保鲜方式,壳聚糖、海藻酸钠、普鲁兰多糖是较常用的涂膜保鲜剂。涂膜处理能够延缓多种水果的后熟进程,达到较好的保鲜效果。研究表明,壳聚糖、海藻酸钠涂膜可以减少灵武长枣果实水分的散失,保持较高的果实硬度和 Vc 含量,同时减少了可溶性固形物和可滴定酸的消耗,从而延缓了灵武长枣的后熟进程^[8-9]。普鲁兰多糖膜抑制过氧化酶 POD 活性,保持果肉颜色;壳聚糖维持 CAT 和 SOD 这 2 种抗氧化酶活性的较高水平,阻抑果实内、外气体交换,起到良好的保护作用。但采后涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间抗氧化酶活性的研究鲜见报道。笔者以灵武长枣为试材,探讨不同涂膜处理对灵武

长枣在低温贮藏期间抗氧化酶活性的影响,以期为灵武长枣果实的采后贮藏保鲜及进一步开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 于 9 月下旬从宁夏回族自治区灵武市灵武采收灵武长枣半红果实(着色面达 50%左右),挑选大小均一,无病、虫、伤的果实运回北方民族大学植物生理学实验室。

1.2 试验方法

1.2.1 涂膜处理。先将灵武长枣放置在 1%氯化钙溶液中浸泡 10 min,然后分成 4 等份,其中 3 份分别放置在 1%的壳聚糖溶液、海藻酸钠溶液以及普鲁兰多糖溶液中浸泡 10 min,另外一份做对照,果实贮藏于 0~4℃冰箱中。每处理重复 3 次,贮藏期间每隔 7 d 取样测定果实指标,共取样 8 次。

1.2.2 取样方法。用不锈钢刀片将灵武长枣的果肉与果皮分离,在研钵中将其磨碎,加入液氮使其速冻,放入 -80℃超低温冰箱中贮藏备用。

1.3 测定项目与方法 酶液提取:参考李合生^[14]的方法。称取 2 g 果肉加入 50 mmol/L 磷酸缓冲液(pH 7.8),在冰浴上研磨成匀浆后定容至 8 mL,12 000 r/min 4℃离心 20 min,取上清液用于酶活性测定。

超氧化物歧化酶(SOD):参照吉宏武^[15]的方法并稍做修改;过氧化氢酶(CAT):参考 Greenfield 等^[16]的方法并稍做修改。过氧化物酶(POD):参详高俊凤^[17]的方法并稍做修改。多酚氧化酶(PPO):参考曹建康^[18]的方法并略做修改。

1.4 数据分析 采用 Excel 进行数据处理,SPSS 17.0 软件进行差异性结果分析。

基金项目 2014 年度宁夏高等学校科学研究项目(NGY20140153)。
作者简介 任玉锋(1964—),女,宁夏平罗人,教授,从事果品采后生理与贮藏保鲜研究。
收稿日期 2017-11-24;修回日期 2017-11-30

2 结果与分析

2.1 涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间 SOD 活性的影响 由图 1 可知,在整个贮藏期间,灵武长枣果实中 SOD 活性总体呈下降趋势。对照组的 SOD 活性,由贮藏开始的 1.28 U/gFW 下降至贮藏末期 (49 d) 的 0.29 U/gFW。与对照相比,海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理 SOD 活性的下降速度较为缓慢。海藻酸钠和壳聚糖涂膜处理的下降速度最缓慢,普鲁兰多糖涂膜处理次之,与对照组相比达极显著差异 ($P < 0.01$)。但海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理之间未达显著差异 ($P > 0.05$)。

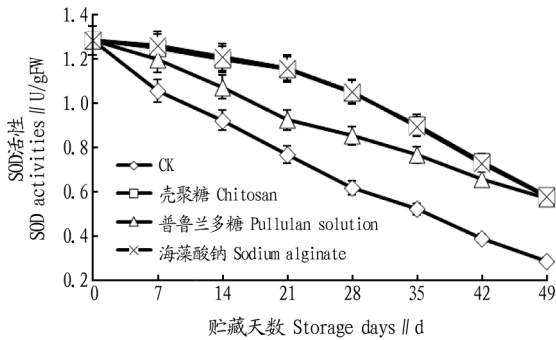


图 1 涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间 SOD 活性的影响

Fig. 1 Effect of coating treatment on SOD activity of *Zizphus jujubamill* cv. *lingwuchangzao* during low temperature storage

2.2 涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间 CAT 活性的影响 由图 2 可知,在整个低温贮藏期间,灵武长枣 CAT 活性总体呈下降趋势。与对照组相比,海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理 CAT 活性下降速度较为缓慢。壳聚糖涂膜处理的下降速度最慢,海藻酸钠和普鲁兰多糖涂膜处理次之,与对照组相比达极显著差异 ($P < 0.01$);但海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理之间未达显著差异 ($P > 0.05$)。海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理均能有效地维持 CAT 较高的活性。

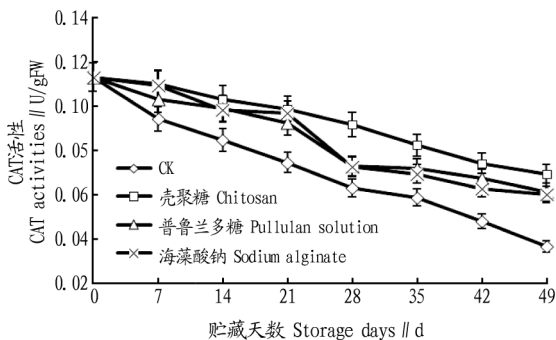


图 2 涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间 CAT 活性的影响

Fig. 2 Effect of coating treatment on CAT activity of *Zizphus jujubamill* cv. *lingwuchangzao* during low temperature storage

2.3 涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间 POD 活性的影响 由图 3 可知,在整个低温贮藏期间,各处理灵武长枣 POD 活性总体呈下降趋势。贮藏开始,海藻酸钠、壳聚糖和

普鲁兰多糖涂膜处理的灵武长枣 POD 活性呈快速下降趋势;贮藏 0~7 d 时,对照组的 POD 活性呈上升趋势。与对照组相比,海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理 POD 活性维持在较低水平,与对照组相比达极显著差异 ($P < 0.01$),海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理之间未达显著差异 ($P > 0.05$)。在贮藏末期,涂膜处理组与对照组的 POD 活性均维持在最低水平。总体而言,海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理抑制了 POD 活性,壳聚糖涂膜处理的效果最好。

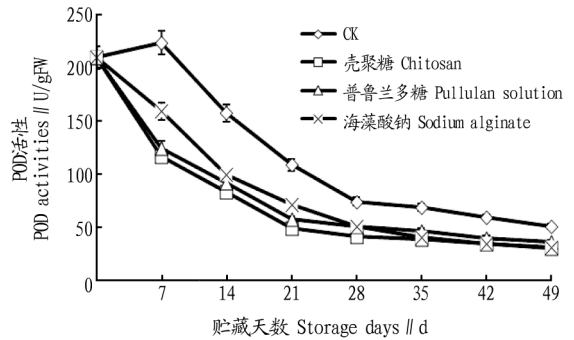


图 3 涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间 POD 活性的影响

Fig. 3 Effect of coating treatment on POD activity of *Zizphus jujubamill* cv. *lingwuchangzao* during low temperature storage

2.4 涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间 PPO 活性的影响 由图 4 可知,在低温贮藏期间,其对照组的 PPO 活性呈先上升后下降的趋势,且 PPO 活性在贮藏 14 d 时达到第 1 个高峰,随后不断下降。而贮藏 35~42 d 时,普鲁兰多糖涂膜处理的灵武长枣 PPO 活性呈小幅缓慢上升趋势。海藻酸钠和普鲁兰多糖涂膜处理在贮藏后期开始缓慢上升并达到一个小高峰,壳聚糖涂膜处理一直处于较低水平,未出现高峰。

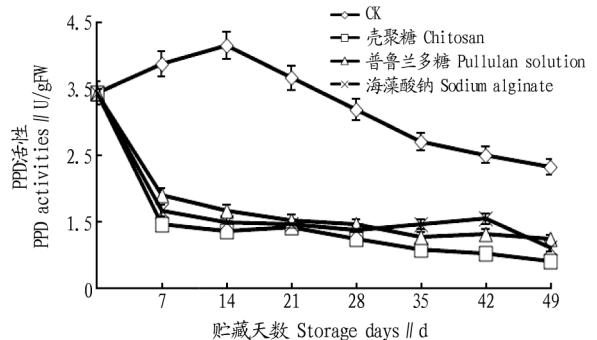


图 4 涂膜处理对灵武长枣低温贮藏期间 PPO 活性的影响

Fig. 4 Effect of coating treatment on PPO activity during low temperature storage of *Zizphus jujubamill* cv. *lingwuchangzao*

海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理均能显著抑制灵武长枣 PPO 的活性,推迟 PPO 活性高峰期的出现,壳聚糖涂膜处理抑制 PPO 活性效果最为明显。涂膜处理组的 PPO 活性与对照组均达极显著差异 ($P < 0.01$),但海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理之间并未达显著差异 ($P > 0.05$)。

3 结论与讨论

SOD、POD、CAT 等作为重要的保护酶,对维持植物体内

(下转第 183 页)

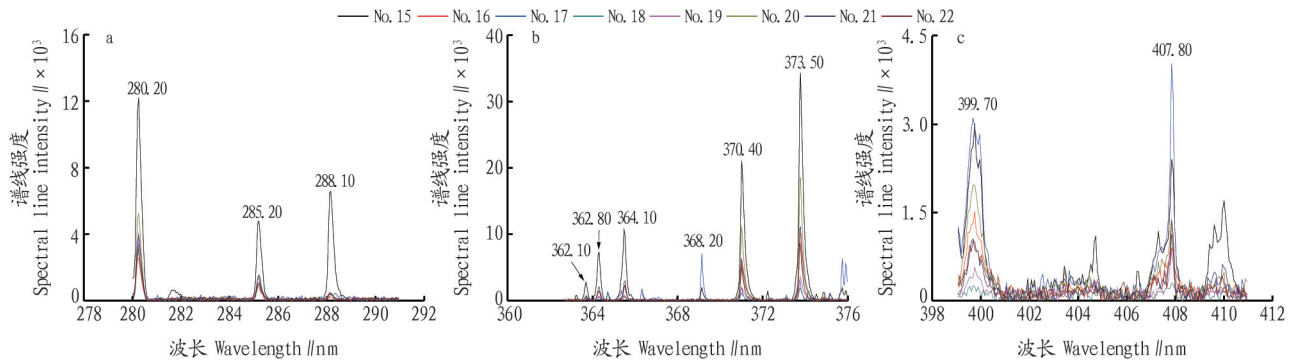


图9 不同波段8个纸质食品袋的LIBS谱线

Fig. 9 LIBS spectral lines of eight paper food bags in different bands

定系数为0.996;并用不同Pb含量的纸杯样品对测试结果进行验证,平均相对标准偏差为2.93%,为纸质食品接触材料中Pb的快速测定提供了技术基础。试验结果表明,LIBS方法为纸质食品接触材料中Pb元素含量的检测提供了理论基础。

参考文献

- [1] 张彦波. 我国纸质食品接触材料质量安全状况及风险评估[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2017, 37(1): 83-85, 88.
- [2] 沈慧慧, 杨成伟, 邓英, 等. 果品纸质包装材料中有害物质检测及危害分析[J]. 造纸科学与技术, 2014, 33(3): 57-59.
- [3] 曹秀珍, 曾婧. 我国食品中铅污染状况及其危害[J]. 公共卫生与预防医学, 2014, 25(6): 77-79.

- [4] 黄杰, 梁旭峰, 阎萍萍, 等. 乙酸萃取-电感耦合等离子体质谱法检测纸质食品接触材料中重金属的溶出量[J]. 检验检疫学刊, 2014, 24(5): 44-46, 8.
- [5] 黄杰. 纸质食品接触材料中常见重金属检测方法研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012: 37-38.
- [6] 禄春强, 罗婵, 孙多志, 等. 电感耦合等离子体质谱法测定食品包装用纸中9种重金属元素[J]. 理化检验(化学分册), 2015, 51(1): 111-113.
- [7] 沈桂华, 李华昌, 史烨弘. 激光诱导击穿光谱发展现状[J]. 冶金分析, 2016, 36(5): 16-25.
- [8] 陈金忠, 王敬, 宋广聚, 等. 激光诱导击穿光谱的近期发展与应用[J]. 科学通报, 2016, 61(10): 1086-1098.
- [9] 王满苹, 曹百穹, 王顺, 等. 激光诱导击穿光谱检测土壤中重金属Pb和Mn的试验研究[J]. 河南农业大学学报, 2014, 48(5): 648-652.
- [10] 辛仁轩. 等离子体发射光谱分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 114-115.

(上接第171页)

活性氧平衡、保持果蔬的最佳贮藏品质以及商品品质具有重要意义。SOD通过清除果蔬细胞内的超氧阴离子,保护果蔬组织细胞,进而延缓果蔬的衰老进程;CAT通过分解果蔬组织细胞中的 H_2O_2 ,防止 H_2O_2 产生的羟基自由基与植物有机体的结合,避免对果蔬组织细胞造成一定的危害,进而对果蔬组织实施保护作用;POD通过清除脂质过氧化物,防止细胞膜的破坏,维持果蔬细胞膜的完整性,进而延缓果蔬的成熟衰老。PPO对酚类物质的代谢起到至关重要的作用,在果蔬贮藏中,PPO活性越高,酚类物质的降解越快,果蔬整体的抗氧化水平就越低。

该研究结果表明,在整个贮藏过程中,灵武长枣果实CAT、SOD、POD和PPO活性变化总体呈不同程度的下降趋势。与对照组相比,海藻酸钠、壳聚糖和普鲁兰多糖涂膜处理延缓了SOD和CAT活性的下降速度,加速了POD、PPO活性的下降速度,说明3种涂膜处理较好地维持了抗氧化酶活性。3种涂膜处理始终将POD和PPO活性维持在较低水平,尤其是在贮藏前期,空白对照组的PPO活性达到高峰,而3种涂膜处理组的PPO活性在较低水平,显著抑制了贮藏同期的酚类及总酚含量下降。这与前人利用涂膜处理维持果蔬的抗氧化能力研究结果一致。

参考文献

- [1] 喻菊芳, 朱连成, 魏卫东, 等. 宁夏(灵武)长枣考证[J]. 宁夏农林科技, 2004(5): 31-32.

- [2] 吴龙军, 赵世华. 优良鲜食枣品种——灵武长枣[J]. 西北园艺, 2002(3): 38.
- [3] 朱连成, 陈卫军, 魏卫东, 等. 枣中熟品种灵武长枣[J]. 中国果树, 2002(2): 53-54.
- [4] 喻菊芳, 魏天军, 陈卫军, 等. 灵武长枣种质资源调查和品种选优研究[J]. 中国果树, 2008(1): 56-57, 75.
- [5] 李占文, 李攀, 郭迎华, 等. 宁夏灵武市毛乌素沙地南缘灵武长枣高效节水综合应用模式研究[J]. 黑龙江农业科学, 2013(4): 60-64.
- [6] 任玉锋, 马爱瑛, 刘雅琴, 等. 灵武长枣采后主要病原真菌的鉴定[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(9): 128-130.
- [7] 于洁, 孙耀武, 张爱萍. 灵武长枣褐斑病及防控技术[J]. 山西果树, 2013(2): 27-28.
- [8] 任玉锋, 曾晓静, 王春明. 壳聚糖涂膜对灵武长枣低温保鲜效果的影响[J]. 安徽农业学报, 2009, 15(11): 66-68.
- [9] 任玉锋, 马玉贤. 海藻酸钠涂膜对灵武长枣低温保鲜效果的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(15): 7175-7176, 7213.
- [10] 张晓波, 苏伟东, 章英才. 灵武长枣研究进展[J]. 北方园艺, 2014(22): 200-203.
- [11] 何世雄, 付晓, 苏淑霞. 对设施灵武长枣产业发展的思考[J]. 宁夏农林科技, 2012, 53(4): 31-32.
- [12] 姜晓燕, 胡云峰, 崔翰元. 酶法提取灵武长枣多糖及抗氧化作用的研究[J]. 食品工业, 2009(6): 31-33.
- [13] 姜晓燕. 灵武长枣中活性物质及总抗氧化能力的研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2009.
- [14] 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, 2000: 164-169.
- [15] 吉宏武, 何国祥, 李剑昆, 等. 湛江海域14种主要海藻SOD含量与活力测定[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(9): 102-106.
- [16] GREENFIELD R E, PRICE V E. Liver catalase. I. A manometric determination of catalase activity[J]. The journal of biological chemistry, 1954, 209(1): 355-361.
- [17] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 159-160.
- [18] 曹建康. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.