

张冠楠, 陆 辉, 陈子奇, 等. 涂膜处理对低温贮藏期间灵武长枣抗氧化能力的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(9): 191–193.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.09.046

# 涂膜处理对低温贮藏期间灵武长枣抗氧化能力的影响

张冠楠, 陆 辉, 陈子奇, 任玉锋

(北方民族大学生物科学与工程学院, 宁夏银川 750021)

**摘要:**以灵武长枣为试材, 采用壳聚糖、海藻酸钠、普鲁兰多糖进行涂膜处理, 以氯化钙处理为对照, 研究不同涂膜处理对灵武长枣抗氧化能力的影响。结果表明, 3 种涂膜处理对 DPPH 自由基、羟自由基、超氧自由基、抗脂质自由基均有较好的清除效果, 与对照相比, 清除率极显著提高 ( $P < 0.01$ ); 壳聚糖、海藻酸钠、普鲁兰多糖涂膜处理 49 d 时, 对灵武长枣 DPPH 自由基、羟自由基、超氧自由基、抗脂质自由基的清除率分别比对照提高 20.07% ~ 21.05%、14.18% ~ 19.26%、2.46% ~ 6.92%、10.82% ~ 15.35%; 3 种涂膜处理对 DPPH 自由基的清除效果无明显差异, 壳聚糖、普鲁兰多糖处理对羟自由基的清除效果相对较好。

**关键词:**灵武长枣; 涂膜处理; 壳聚糖; 海藻酸钠; 普鲁兰多糖; 紫外分光光度法; 自由基

**中图分类号:** S665.109+.3; TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)09-0191-03

灵武长枣 (*Zizphus jujubamill* cv. Lingwuchangzao) 是宁夏回族自治区具有地方特色的优良鲜食枣品种, 栽培历史源远流长, 果实色艳味浓、酥脆爽口、酸甜适中、风味独特。灵武长枣与其他多种优良鲜食枣品种相似, 由于具有果肉致密、含水量少、呼吸代谢旺盛等物理与生理特征, 采后极易皱缩失水、酒化软化、褐变腐烂, 常温贮藏比较困难。低温贮藏是灵武长枣最常见的保鲜方式, 在冷藏中结合气调处理、保鲜剂处理、保鲜袋包装等技术的应用, 灵武长枣可获得较好的贮藏效果<sup>[1]</sup>。

涂膜处理是近几年发现的一种高效、环保的化学保存方式, 而目前有关灵武长枣的研究主要集中在种质品种选育、栽培方法、病虫害治理、贮藏保鲜、加工制造、化学成分的提取及生理生化等方面<sup>[2-10]</sup>, 对不同涂膜处理在低温贮藏过程中枣的抗氧化能力研究相对较少。据研究, 经钙涂膜处理的果实可以有效延长其后熟过程, 改善膜的结构和功能, 达到防止老化的效果, 同时可增加采摘后果实硬度、减少植物病虫害发生、抑制乙烯释放<sup>[11-14]</sup>; 普鲁兰多糖可有效抑制过氧化物酶 (POD) 的活性, 保持果实颜色<sup>[15]</sup>; 壳聚糖可有效维持过氧化物酶 (CAT) 和超氧化物歧化酶 (SOD) 这 2 种抗氧化酶活性处于较高水平, 进而抑制果实内、外气体交换, 起到良好的保护作用<sup>[16-17]</sup>; 海藻酸钠涂膜处理可减少果实水分散失, 使果实保持较高的果实硬度和抗坏血酸含量, 并减少可溶性固形物、可滴定酸, 从而延缓灵武长枣的后熟进程<sup>[18]</sup>。本试验以采后灵武长枣为试材, 采用壳聚糖、普鲁兰多糖、海藻酸钠进行涂膜处理, 以氯化钙处理为对照, 定期测定灵武长枣果实的抗氧化能力, 以探讨涂膜处理对低温贮藏灵武长枣抗氧化相关指标变化的影响, 为灵武长枣果实的采后贮藏保鲜及进一步开

发利用提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料、化学试剂及仪器

1.1.1 试验材料 灵武长枣于 2015 年 9 月 29 日采自宁夏回族自治区灵武市。

1.1.2 化学试剂 大豆卵磷脂、氮蓝四唑 (NBT), 由北京酷来搏科技有限公司提供; 鲱鱼精 DNA、烟酰胺腺嘌呤二核苷酸 (NADH), 由上海蓝基生物科技有限公司生产; 二苯基苦基苯肼自由基 (DPPH), 由上海伊卡生物技术有限公司生产; 三氯甲烷、盐酸, 由天津市大茂化学试剂厂生产; 三氯化铁, 由河南郑州凯美化学试剂厂生产; 过氧化氢, 由天津市风船化学试剂科技有限公司生产; 抗坏血酸, 由天津市化学试剂研究所生产; 无水甲醇, 由北京广诺化学科技有限公司生产; 无水乙醇, 由上海市大茂化学试剂厂生产; 吩噻硫酸甲酯 (PMS)、三氯乙酸 (TCA), 由国药集团化学试剂有限公司生产; 硫代巴比妥酸 (TBA), 由天津市凯通化学试剂有限公司生产; 磷酸缓冲液 (PBS), 由上海立菲生物技术有限公司生产; 氢氧化钠, 由北京化学试剂公司提供。

1.1.3 仪器 超低温冰箱, 由澳柯玛股份有限公司生产; UV 1000 型单光束紫外可见分光光度计, 由天津天美科学仪器有限公司生产; 数显恒温水浴锅, 由国华电器有限公司生产; JA5003B 型电子天平, 由上海精科天美科学仪器有限公司生产; KQ-500B 型超声波清洗器, 由江苏省昆山市超声仪器厂生产; TG/16G 型台式高速离心机, 由湖南凯达科学仪器有限公司生产; AB145S 型电子天平、HR2860 型飞利浦搅拌机, 由上海海康电子仪器厂生产。

### 1.2 试验方法

将灵武长枣置于浓度为 1% 的氯化钙溶液中浸泡 10 min, 分成 4 等份, 其中 3 份分别置于浓度均为 1% 的壳聚糖溶液、海藻酸钠溶液、普鲁兰多糖溶液中浸泡 10 min, 另外 1 份不进行其他处理作为对照, 每处理重复 3 次; 果实于 0 ~ 4 ℃ 冰箱中贮藏, 2015 年 10 月 2 日第 1 次取样, 后每隔 7 d

收稿日期: 2016-11-22

基金项目: 宁夏高等学校科学研究项目 (编号: NGY20140153)。

作者简介: 张冠楠 (1992—), 男, 蒙古族, 内蒙古赤峰人, 硕士, 从事植物生理生态研究。E-mail: 593978494@qq.com。

通信作者: 任玉锋, 教授, 从事果品采后生理与贮藏保鲜研究。

E-mail: ren\_yufeng@163.com。

取样 1 次,共取样 8 次,用刀片将灵武长枣的果肉与果皮分离,研钵中磨碎,加入液氮使其冷冻,置于  $-80^{\circ}\text{C}$  超低温冰箱中贮藏,备用;称取果肉 5 g,添加 80% 乙醇溶液 10 mL,  $40^{\circ}\text{C}$  超声波提取 20 min,离心,过滤,得到样品待测液。

### 1.3 测定内容及方法<sup>[19-20]</sup>

1.3.1 对 DPPH 自由基的清除能力 取样品待测液 1 mL,加入蒸馏水、0.6 mmol/L DPPH、95% 乙醇溶液各 1 mL,室温避光静置 20 min,采用紫外可见分光光度计测定 517 nm 处的吸光度,重复 3 次。DPPH 自由基清除能力的计算公式为:

$$\text{DPPH 自由基清除率} = 1 - (D_i - D_j) / D_0 \times 100\%$$

式中: $D_0$  为未加待测液的 DPPH (1 mL 蒸馏水 + 1 mL 95% 乙醇 + 1 mL DPPH) 的吸光度; $D_i$  为待测液与 DPPH 反应后的吸光度; $D_j$  为空白样品 (1 mL 待测液 + 1 mL 蒸馏水 + 1 mL 95% 乙醇) 的吸光度。

1.3.2 对羟自由基的清除能力 取待测液 100  $\mu\text{L}$ ,加入 pH 值为 7.4 的 0.2 mol/L 磷酸缓冲液 500  $\mu\text{L}$ 、2.5 mol/L 脱氧核糖磷酸缓冲液 690  $\mu\text{L}$ 、2 mmol/L  $\text{FeCl}_3$  溶液 200  $\mu\text{L}$ 、1 mmol/L 抗化血酸 100  $\mu\text{L}$ 、0.1 mol/L  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液 10  $\mu\text{L}$ ,静置 5 min;  $37^{\circ}\text{C}$  水浴 15 min,显色过程中加 2.8% TCA 1 mL、1.0% TBA 500  $\mu\text{L}$ ,煮沸 10 min;采用紫外可见分光光度计测定 532 nm 处的吸光度,重复 3 次。羟自由基清除能力的计算公式为:

$$\text{羟自由基清除率} = (D_x - D_0) / D_x \times 100\%$$

式中: $D_x$  为待测液与脱氧核糖反应后的吸光度; $D_0$  为未加待测液的吸光度。

1.3.3 对超氧自由基的清除能力 取样品待测液 50  $\mu\text{L}$ ,加入 468  $\mu\text{mol/L}$  NADH、150  $\mu\text{mol/L}$  NBT、60  $\mu\text{mol/L}$  PMS 各 1 mL,反应 10 min,采用紫外可见分光光度计测定 560 nm 处的吸光度。重复 3 次。超氧自由基清除能力计算公式为:

$$\text{超氧自由基清除率} = (D_x - D_0) / D_x \times 100\%$$

式中: $D_x$  为待测液反应后的吸光度; $D_0$  为未加待测液的吸光度。

1.3.4 抗脂质过氧化能力 称取大豆卵磷脂 5.0 g,溶解于 500 mL pH=7.4 的 20 mmol/L 磷酸缓冲液中,冰浴超声溶解制成 1% 脂质体;取待测液 50  $\mu\text{L}$ ,加入 1% 脂质体 2 mL、25 mmol/L  $\text{FeCl}_3$  溶液 0.1 mL、25 mmol/L  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液 0.1 mL、25 mmol/L 抗化血酸 0.1 mL、磷酸缓冲液 1.65 mL,  $37^{\circ}\text{C}$  水浴;加 1 mL BHT 终止反应,静置 10 min,加入 TBA、HCl 各 1 mL,沸水中煮沸 30 min 显色;冰浴 15 min,加入三氯甲烷 3 mL,3 000 r/min 离心 20 min;取上清液,紫外可见分光光度计 560 nm 处测吸光度。抗脂质过氧化能力计算公式为:

$$\text{抗脂质自由基清除率} = (1 - D_x / D_0) \times 100\%$$

式中: $D_x$  为待测液反应后的吸光度; $D_0$  为未加待测液的吸光度。

### 1.4 数据统计分析

采用 SPSS 17.0、Excel 软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 3 种涂膜处理对灵武长枣 DPPH 自由基清除能力的影响

由图 1 可见,随贮藏期的延长,3 种涂膜处理对灵武长枣

DPPH 自由基的清除率总体呈下降趋势,但较对照下降趋势则较为平缓,这说明 3 种涂膜处理对灵武长枣的抗氧化物质都有一定的保护作用;壳聚糖、海藻酸钠、普鲁兰多糖涂膜处理 49 d 时,对灵武长枣 DPPH 自由基的清除率比对照提高 20.07% ~ 21.05%。经统计分析发现,涂膜处理的灵武长枣对 DPPH 自由基清除能力极显著高于对照 ( $P < 0.01$ ),但 3 种涂膜处理之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

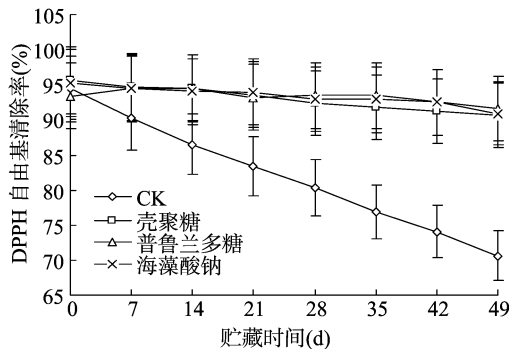


图1 涂膜处理对灵武长枣 DPPH 自由基清除能力的影响

### 2.2 3 种涂膜处理对羟自由基清除能力的影响

由图 2 可见,随贮藏期的延长,3 种涂膜处理对灵武长枣羟自由基清除率总体呈下降趋势,但较对照下降趋势则较为平缓,这说明 3 种涂膜处理对灵武长枣的抗氧化物质都有一定的保护作用;壳聚糖、海藻酸钠、普鲁兰多糖涂膜处理 49 d 时,对灵武长枣羟自由基的清除率比对照提高 14.18% ~ 19.26%。经统计分析发现,涂膜处理的灵武长枣对羟自由基清除能力极显著高于对照 ( $P < 0.01$ ),壳聚糖涂膜与普鲁兰多糖涂膜处理二者之间对灵武长枣羟自由基清除能力没有显著变化 ( $P > 0.05$ ),但显著高于海藻酸钠涂膜处理 ( $P < 0.05$ )。

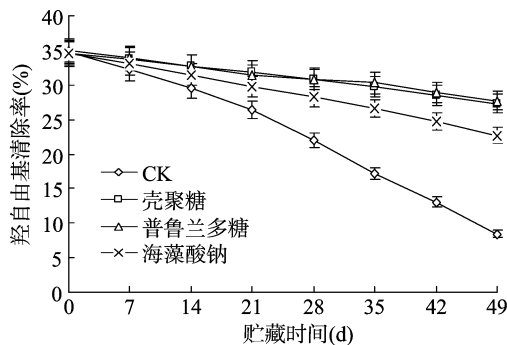


图2 涂膜处理对灵武长枣羟自由基清除能力的影响

### 2.3 3 种涂膜处理对超氧自由基清除能力的影响

由图 3 可见,随贮藏期的延长,3 种涂膜处理对灵武长枣超氧自由基清除率总体呈下降趋势,但较对照下降趋势则较为平缓,这说明 3 种涂膜处理对灵武长枣的抗氧化物质都有一定的保护作用;壳聚糖、海藻酸钠、普鲁兰多糖涂膜处理 49 d 时,对灵武长枣超氧自由基的清除率比对照提高 2.46% ~ 6.92%。经统计分析发现,涂膜处理的灵武长枣对超氧自由基清除能力极显著高于对照 ( $P < 0.01$ ),壳聚糖涂膜处理极显著高于其他 2 种涂膜处理 ( $P < 0.01$ ),而海藻酸钠涂膜与普鲁兰多糖涂膜处理则没有显著变化 ( $P > 0.05$ )。

### 2.4 3 种涂膜处理对抗脂质自由基清除能力的影响

由图 4 可见,随贮藏期的延长,3 种涂膜处理对灵武长枣

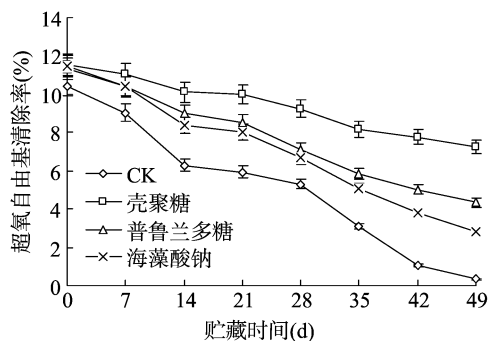


图3 涂膜处理对灵武长枣超氧自由基清除能力的影响

抗脂质自由基清除率总体呈下降趋势,但较对照下降趋势则较为平缓,这说明3种涂膜处理对灵武长枣的抗氧化物质都有一定的保护作用;壳聚糖、海藻酸钠、普鲁兰多糖涂膜处理49 d时,对灵武长枣抗脂质自由基的清除率比对照提高10.82%~15.35%。经统计分析发现,涂膜处理的灵武长枣对抗脂质自由基清除能力极显著高于对照( $P < 0.01$ );壳聚糖涂膜对灵武长枣抗脂质自由基清除能力与海藻酸钠涂膜处理相比差异极显著( $P < 0.01$ ),与普鲁兰多糖涂膜处理相比则没有显著变化( $P > 0.05$ ),而海藻酸钠涂膜处理与普鲁兰多糖涂膜处理相比差异不显著( $P > 0.05$ )。

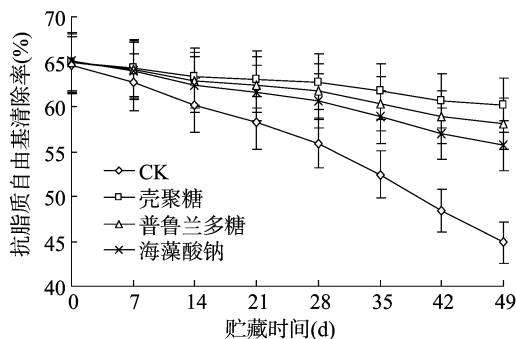


图4 涂膜处理对灵武长枣抗脂质自由基清除能力的影响

### 3 结论与讨论

随着涂膜处理在果蔬保鲜方面的大范围应用,有关涂膜处理对果蔬贮藏保鲜过程中抗氧化能力的研究报道较为多见,通过涂膜处理可以防止抗氧化物质的流失,提高果蔬的抗氧化能力。壳聚糖提供的半透屏障可以用来改善鲜切水果的保质期,减少水分和溶质的迁移、气体交换、呼吸和氧化的反应速率,整体上防止抗氧化能力的下降<sup>[21]</sup>。本试验结果表明,与氯化钙涂膜处理(对照)相比,壳聚糖、普鲁兰多糖、海藻酸钠涂膜处理均能极显著提高灵武长枣对DPPH自由基、羟自由基、超氧自由基、抗脂质自由基的清除能力( $P < 0.01$ ),使其维持较高的抗氧化活性,其中壳聚糖涂膜处理效果更加明显,与郭文岚等的研究结论<sup>[20]</sup>基本一致;3种涂膜处理对DPPH自由基清除能力没有显著差距( $P > 0.05$ ),壳聚糖与普鲁兰多糖涂膜处理对羟自由基清除能力显著强于海藻酸钠涂膜( $P < 0.05$ );对超氧自由基、抗脂质自由基清除效果而言,壳聚糖涂膜处理优于海藻酸钠、普鲁兰多糖涂膜处理,但海藻酸钠与普鲁兰多糖之间差异不显著( $P > 0.05$ )。总之,壳聚

糖、普鲁兰多糖、海藻酸钠3种涂膜处理均有效抑制了灵武长枣果实贮藏期间抗氧化能力的下降,提高了灵武长枣果实的抗氧化能力,这为灵武长枣的果实保鲜提供了一定的理论依据。

### 参考文献:

- [1] 任玉锋,任 贤,雷 茜. 灵武长枣采后生理及贮藏保鲜技术研究进展[J]. 河北农业科学,2009,13(1):13-15.
- [2] 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,图版2.
- [3] 雍 文,杜玉泉,魏卫东,等. 灵武长枣矮化密植幼树整形修剪技术[J]. 宁夏农林科技,2005(6):19-20.
- [4] 魏卫东,喻菊芳,雍 文,等. 定干高度对灵武长枣幼树生长和整形的影响[J]. 宁夏农林科技,2005(2):9-10.
- [5] 李占文,魏天军,于 洁,等. 灵武长枣主要有害生物无公害防控技术研究初报[J]. 宁夏农林科技,2008(3):33-34.
- [6] 李占文. 灵武长枣主要病虫害危险性分析[J]. 中国果树,2007(1):49-50.
- [7] 颀敏华,李 梅,冯毓琴,等. 灵武长枣贮藏保鲜技术[J]. 农产品加工·学刊,2008(1):91-92.
- [8] 魏天军,窦云萍. 自制保鲜剂对灵武长枣低温贮藏保鲜效果的研究[J]. 中国农学通报,2007,23(11):135-140.
- [9] 马 亮,刘茉莉,王 凯. 灵武长枣枣皮中食用色素提取工艺研究[J]. 宁夏农林科技,2011,52(5):65,76.
- [10] 任玉锋,闫丽娟,陈 成,等. 灵武长枣贮藏期间生理变化的研究[J]. 北方园艺,2008(10):199-201.
- [11] 张 勤,陈为军. 灵武市长枣产业现状与对策[J]. 宁夏林业通讯,2008(1):25-26.
- [12] 郭慧慧,李红卫,韩 涛,等. 冬枣冷藏期间果皮和果肉抗氧化物质含量及其抗氧化活性的变化[J]. 林业科学,2013,49(1):85-90.
- [13] 龚新明,关军锋,张继澍,等. 钙、硼营养对黄冠梨品质和果面褐斑病发生的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(4):942-947.
- [14] 李丽梅,关军锋,及 华,等. 钙和热预处理对草莓保鲜的生理效应[J]. 食品科学,2008,29(3):478-480.
- [15] 周文化,钟秋平,周晓媛. 苗霉多糖在芒果常温保鲜中的应用[J]. 中南林学院学报,2005,25(3):63-67.
- [16] Aday M S, Caner C. Understanding the effects of various edible coatings on the storability of fresh cherry[J]. Package Technology Science,2010,23(8):441-456.
- [17] 万 丽,申 琳,赵丹莹,等. 壳聚糖复合涂膜对鲜切冬枣安全性与贮藏品质的影响[J]. 食品科学,2009,30(4):277-281.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 郭文岚. 不同涂膜处理对黄冠梨抗氧化成分和抗氧化能力的影响[D]. 天津:天津大学,2012.
- [21] Zhou R, Mo Y, Li Y, et al. Quality and internal characteristics of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai cv. Huanghua) treated with different kinds of coatings during storage[J]. Stharvest Biology and Technology,2008,49(1):171-179.