اثر تیمار پس از برداشت خشکی جزئی پوست بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه انار طی دوره انبارمانی(*Punica granatum* L. cv. Malase Saveh)

ولی ربیعی[۱]، علی سلیمانی،فرهنگ رضوی[۱] ساناز مولائی*[۱]،
[۱]گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
*نویسنده مسئول:smolaie@znu.ac.ir

چکیده

این پژوهش به منظور ارزیابی تأثیر تیمار خشکی جزئی پوست بر کیفیت و عمر پس از برداشت میوه انار (*Punica granatum* L.) رقم ملس ساوه صورت گرفت. پژوهش اخیر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در انباری با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد اجرا شد. تیمار مورد بررسی شامل دو سطح خشکی جزئی پوست (بدون خشکی پوست و خشک شدن پوست به مدت ۱۰ روز در دمای اتاق با دمای ۱±۲۰ درجه سانتی‌گراد) بوده و اندازه‌گیری صفات در زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز انبارمانی انجام گرفت. صفاتی از قبیل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، اسیدآسکوربیک و فعالیت آنزیم‌های‌آنتی‌اکسیدانی مانند: سوپراکسیددیسموتاز(SOD)، کاتالاز (CAT) و آسکوربات‌پراکسیداز (APX) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج پژوهش نشان داد که تیمار خشکی پوست تا حدودی موجب بهبود ویژگی‌های کیفی در میوه انار طی دوره انبارمانی شده است. این تیمار سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی طی ۹۰ روز انبارمانی شده است. همچنین در میوه‌های تحت تیمارخشکی از کاهش میزان اسیدآسکوربیک طی دوره انبارمانی جلوگیری به‌عمل آمده و محتوای اسیدآسکوربیک در سطوح بالاتری نسبت به میوه‌های شاهد حفظ شده است. علاوه بر این، در میوه‌های تیمار شده فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی SOD، CAT و APX در مقایسه با میوه‌های شاهد در سطوح بالاتری قرار داشت که سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های تحت تیمار شده است. در نهایت می‌توان بیان داشت تیمار خشکی جزئی پوست به طور مؤثر سبب افزایش و حفظ کیفیت تغذیه‌ای میوه انار طی دوره نگهداری در انبار سرد شده است.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، اسیدآسکوربیک، انبارمانی، پس از برداشت، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

مقدمه

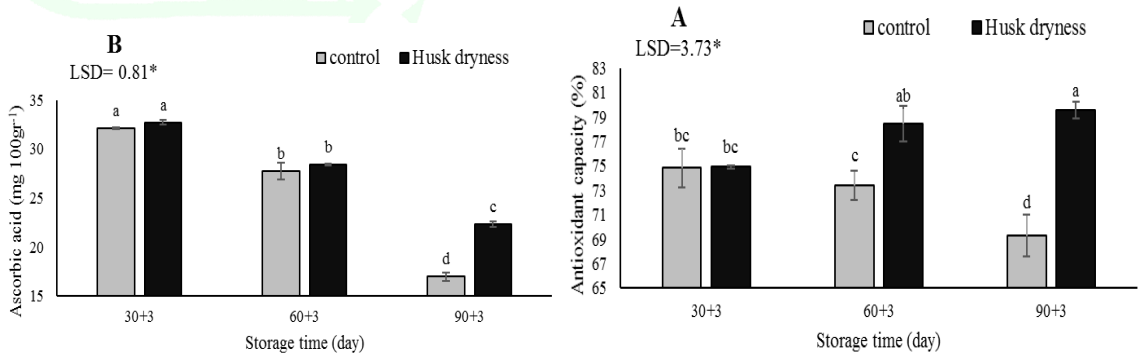
انار (*Punica granatum* L.) یکی از مهم‌ترین میوه‌های بومی ایران است که امروزه کشت آن به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Ghasemnezhad *et al*., 2013). آنتی‌اکسیدان‌ها نقش مهمی در حفظ سلامت بدن در برابر فرآیندهای اکسیداسیونی و رادیکال‌های آزاد دارند. خاصیت آنتی‌اکسیدانی انار به‌میزان بالای ترکیبات فنولی مانند الاژیک‌اسید و پونیکالاژین ارتباط دارد. این ترکیبات سبب از بین‌بردن گونه‌های اکسیژن فعال می‌شوند و با جلوگیری از آغاز واکنش‌های زنجیره‌ای اکسایشی از اکسیدشدن لیپیدها ممانعت می‌نمایند (Aghdam and Bodbodak, 2013). اما طی پس از برداشت فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌دلیل برخی نابهنجاری‌ها و تغییرات فیزیولوژیکی و آنزیمی کاهش می‌یابد. لذا کاربرد روش‌های طبیعی و مؤثر جهت کنترل این تغییرات و حفظ کیفیت تغذیه‌ای میوه‌ها طی انبارمانی بسیار مورد توجه است. خشک کردن در معرض هوا از معمول‌ترین روش‌های خشک کردن مواد غذایی، تولیدات شیمیایی و میوه‌ها می‌باشد. مسئله اساسی در خشک کردن محصولات باغبانی، کاهش آب به میزان مشخص از سطح مواد جامد می‌باشد که با هدف افزایش عمر پس از برداشت و حفظ ترکیبات بیواکتیو صورت می‌گیرد. خشک کردن جزئی پوست انار به صورت تجاری مورد استفاده قرار نمی‌گیرد اما یک روش معمول بین باغداران می‌باشد. در میوه خرما (شهدادی و همکاران،۱۳۹۰) و فلفل قرمز (Vega-Galvez *et al*., 2009) فرآیند خشک‌کردن در دمای پایین سبب حفظ محتوای اسیدآسکوربیک و ظرفیت آنتی-اکسیدانی شده است.

مواد و روش‌ها

میوه‌های مورد مطالعه از رقم ملس ساوه و هنگام بلوغ کامل از درختچه‌های ۱۵ ساله از باغی تجاری در شهرستان طارم استان زنجان تهیه شد و بلافاصله جهت انجام تیمار به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از اعمال تیمار (نگهداری در دمای ۱±۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز) میوه‌ها به سردخانه‌ای با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰–۸۵ درصد منتقل گردید و نمونه‌برداری جهت ارزیابی صفات با فواصل زمانی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز انجام گرفت. پیش از ارزیابی صفات میوه‌ها به مدت سه روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به عنوان عمرقفسه‌ای نگهداری شدند. برای سنجش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از روش DPPH ارائه شده توسط Dehghan and Khoshkam (2012) استفاده شد. این روش بر پایه حذف رادیکال‌های آزاد ۲و۲–دی فنیل ۱–پیکریل هیرازیل (DPPH) استوار است. برای ارزیابی میزان اسیدآسکوربیک از ماده رنگی ۲و۶–دی‌کلروفنول‌ایندوفنول استفاده شد (Terada *et al*., 1978). جهت سنجش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله سوپراکسیددیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) و آسکوربات‌پراکسیداز (APX) از بافر فسفات و روش ارائه شده توسط Zhang و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی انجام گرفته و داده‌های به‌دست آمده از آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ آنالیز شده و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

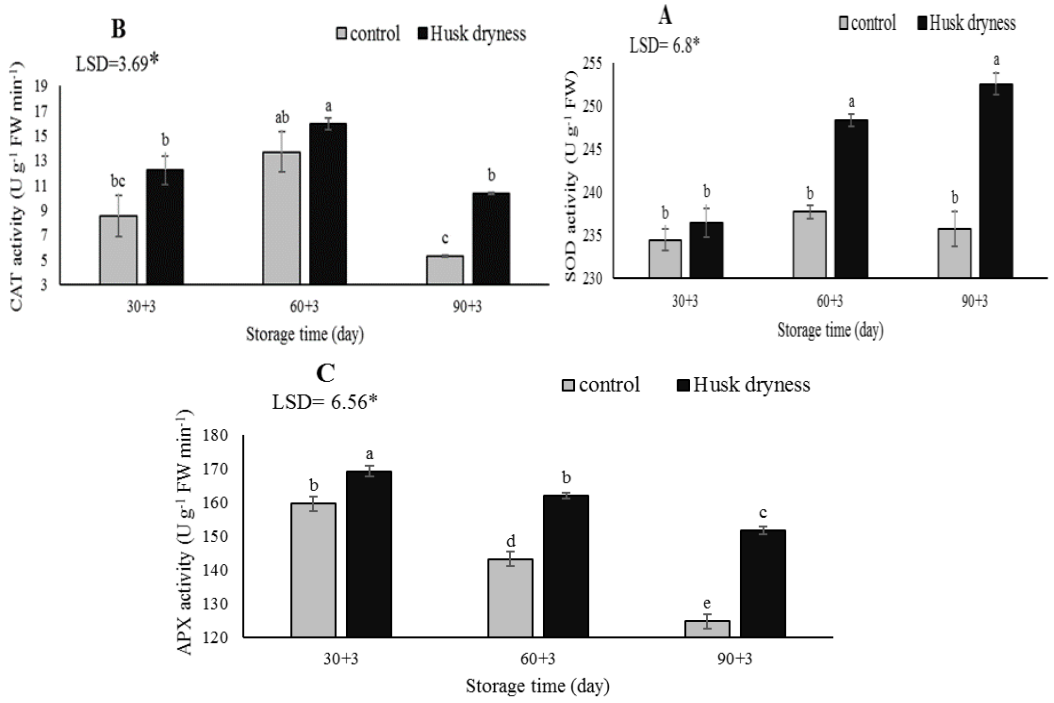
نتایج و بحث

نتایج نشان‌دهنده روند صعودی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی طی ۶۰ روز اول انبارمانی در میوه‌های تیمار شده می‌باشد، اما در طول۳۰ روز پایانی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های تیمار شده کاهش خفیفی داشت. در پایان ۳+۹۰ روز انبارمانی بالاترین (۷۹/۵۶ درصد) و پایین‌ترین (۶۹/۳ درصد) سطح ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب مربوط به میوه‌های تیمار شده با خشکی پوست و میوه‌های شاهد بود (شکل ۱ (A)). میزان اسیدآسکوربیک طی ۹۰ روز انبارمانی روند نزولی داشت. البته تیمار اعمال شده تا حدودی کاهش اسیدآسکوربیک را در میوه‌های تیمار شده کنترل نمود. در پایان انبارمانی بالاترین میزان اسید آسکوربیک (۲۲/۳ mg $100g^{-1}$) متعلق به میوه‌های تیمار شده بود و کمترین میزان اسید آسکوربیک (۱۶/۹۷ mg $100g^{-1}$) نیز در میوه‌های شاهد مشاهده شد (شکل ۱ (B)).



شکل ۱– تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی(A) و محتوای اسیدآسکوربیک (B) در پاسخ به تیمارهای خشکی پوست در طول دوره انبارمانی. * نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح $P \leq 0.05$. خطوط عمودی نشانگر خطای استاندارد میانگین‌ها (SE) می‌باشد. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف می‌باشد.

فعالیت آنزیم SOD طی دوره انبارمانی افزایش یافته و پس از سپری شدن ۳+۹۰ روز انبارمانی بالاترین میزان فعالیت این آنزیم (۲۵۲/۵۳ U g^{-1} FW) متعلق به میوه‌های تیمار شده بودو کمترین سطح فعالیت این آنزیم (۲۳۵/۷۳ U g^{-1} FW) نیز در میوه‌های شاهد مشاهده شد، شکل ۲– A. فعالیت آنزیم CAT نیز طی ۶۰ روز اول انبارمانی روند افزایشی داشته، سپس طی ۳۰ روز پایانی انبارمانی کاهش یافت، اما این کاهش در میوه‌های شاهد چشمگیر بود. در پایان ۹۰ روز انبارمانی بالاترین (۱۰/۳۵ U g^{-1} FW min^{-1}) و پایین‌ترین (۵/۲۸ U g^{-1} FW min^{-1}) سطح فعالیت آنزیم CAT، به ترتیب در میوه‌های تحت تیمار خشکی پوست و میوه‌های شاهد، مشاهده گردید، شکل۲-B. فعالیت آنزیم APX طی دوره انبارمانی کاهش یافته، اما در میوه‌های تیمار شده تا حدودی از کاهش فعالیت این آنزیم جلوگیری شده‌است. در پایان دوره انبارمانی بالاترین (۱۵۱/۷ U g^{-1} FW min^{-1}) سطح فعالیت آنزیم APX در میوه‌های تیمار شده با خشکی پوست و پایین‌ترین (۱۲۴/۸۴ U g^{-1} FW min^{-1}) سطح فعالیت نیز در میوه‌های مشاهده شد شکل۲ -C.



شکل ۲- تغییرات فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز A (SOD)، کاتالاز B (CAT) و آسکوربات‌پراکسیداز C (APX) در پاسخ به تیمارهای خشکی پوست در طول دوره انبارمانی. * نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح $P \leq 0.05$. خطوط عمودی نشانگر خطای استاندارد میانگین‌ها (SE) می‌باشد. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف می‌باشد.

سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان مسئول حذف ROSها بوده که نقش حیاتی در مقابله گیاه با تنش‌های اکسیداتیو دارد. سیستم آنتی‌اکسیدانی دارای اجزای آنزیمی و غیرآنزیمی جهت حذف ROSها می‌باشد. سیستم غیرآنزیمی شامل برخی مولکول‌ها مانند ال-آسکوربات، فلاونوئیدها و غیره می‌باشد که مسئول دریافت الکترون هستند. بنابراین اسیدآسکوربیک به عنوان یکی از اجزای غیرآنزیمی محلول در آب سیستم آنتی‌اکسیدانی می‌تواند به طور مستقیم در حذف ROSها مشارکت کند. در مطالعه اخیر بالابودن میزان اسیدآسکوربیک میوه‌های تیمار شده احتمالا در نتیجه افزایش نسبت فعالیت سیستم آنزیمی گلوتاتیون ردوکتاز به APX و سطح پایین O_2 باشد (Sayyari *et al*., 2016). اجزای آنزیمی سیستم آنتی‌اکسیدانی که شامل برخی آنزیم‌ها مانند SOD، CAT و APX می‌باشد نقشی بسیار حیاتی در سیستم دفاعی سلولی دارند. این آنزیم‌ها مسئول حذف رادیکال‌های آزاد یا ROSهای درون سلولی تولید شده در گیاهان تحت تنش‌های اکسیداتیو هستند. آنزیم SOD مسئول حذف رادیکال‌های سوپراکسید موجود در سلول‌های زیستی تحت تنش و تبدیل آن‌ها به مولکول‌های O_2 و H_2O_2 می‌باشد که متعاقب آن CAT نیز با کاتالیز مولکول‌های H_2O_2 مولکول‌های H_2O و O_2 را تولید می‌نماید. APX نیز با دریافت الکترون از اسیدآسکوربیک توسط چرخه اسیدآسکوربیک/گلوتاتیون سبب تجزیه مولکول‌های H_2O_2 می‌شود (Pan *et al*., 2019). بنابراین بر اساس نتایج حاصله در مطالعه اخیر افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی منجر به کاهش ROSها شده که در نهایت سبب حفظ ساختار دیواره سلولی و کیفیت تغذیه‌ای می‌گردد.نتایج به‌دست آمده در این مطالعه با نتایج مطالعات مختلف در مورد اثر تیمارهای پس از برداشت مانند کیتوسان به اضافه سوربات پتاسیم و آرژنین برفعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه انار طی دوره انبارمانی مطابقت دارد (Molaei *et al*., 2021; Babalar *et al*., 2018).

منابع

شهدادی، ف.، میرزایی، ح.، مقصودلو، ی.، قربانی، م. و گرمه‌خانی، ا. ۱۳۹۰. تأثیر فرایند خشک‌کردن بر میزان ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دو رقم خرمای (*Phoenixductylifera*) کلوته و مضافتی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران.۶(۳): ۷۴-۶۷.

Babalar, M., Pirzad, F., Sarcheshmeh, M. A. A., Talaei, A., Lessani, H. 2017. Argenine treatment attenuates chilling injury of pomegranate fruit during cold storage by enhancing antioxidant system activity. Postharvest Biology and Technology, 137: 31–37.

Dehghan, G., Khoshkam, Z. 2012. Tin(II)-quercetin complex synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. Food Chemistry, 131: 422-427.

Molaei, S., Soleimani, A., Rabiei, V., Razavi, F. 2021. Impact of chitosan in combination with potassium sorbate treatment on chilling injury and quality attributes of pomegranate fruit during cold storage. Journal of Food Biochemistry, 00: e13633.

Pan, Y., Chen, L., Chen, X., Jia, X., Zhang, j., Ban, Z., Li, X. 2019. Postharvest intermittent heat treatment alleviates chilling injury in cold-stored sweet potato roots through the antioxidant metabolism regulation. Journal of Food Processing and Preservation, 43(12): e14274.

Sayyari, M., Aghdam, M. S., Salehi, F., Ghanbari, F. 2016. Salicyloyl chitosan alleviates chilling injury and maintains antioxidant capacity of pomegranate fruits during cold storage. Scientia Horticticulturae, 211, 110-117.

Terada, M., Watanabe, Y., Kunitomo, M., Hayashi, E. 1978. Differential rapid analysis of ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. Analytical Biochemistry, 84: 604-608.

Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., Perez-Won, M. 2009. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). Food Chemistry, 117(4): 647-653.

Zhang, X., Shen, L., Li, F., Meng, D., Sheng, J. 2013. Amelioration of chilling stress by arginine in tomato fruit: changes in endogenous arginine catabolism. Postharvest Biology and Technology, 76: 106-111.

Effect of Postharvest Partial Husk Dryness Treatment on Antioxidant Activity of Pomegranate Fruit (*Punica granatum* L. cv. Malase Saveh) During Storage Duration

Abstract

This study was done to evaluating the impact of partial husk dryness on quality and postharvest life of pomegranate fruit (*Punica granatum* L. cv. Malase Saveh). The experimental design was a factorial based on completely randomized design with three replications at the storage with 4 ºC temperature and 85-90 % relative humidity. Treatment includes partial husk dryness in 2 levels (without dryness and husk dryness at room temperature 20±1 ºC for 10 days), and characteristics were evaluated at 3 storage time (30, 60 and 90 days). Some criteria such as antioxidant capacity, ascorbic acid content and activity of antioxidant enzymes like superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APX) were evaluated. The results showed that husk dryness treatment could improve quality characteristics of pomegranate fruits during storage. This treatment increased antioxidant capacity during 90 days of storage. Also, in treated fruits, the reduction of ascorbic acid during storage was prevented and the ascorbic acid content was maintained at higher levels than the control fruits. In addition, the activity of SOD, CAT and APX increased during storage time in comparison with control ones which led to raise of antioxidant capacity in treated fruits. Finally, it should be noticed that, the partial husk dryness has effectively increased and maintained the nutritional quality of pomegranate fruits during cold storage time.

***Keywords*:** Antioxidant capacity, Antioxidant enzymes, Ascorbic acid, postharvest, Storage.