تأثیر خشکی جزئی پوست بر میزان ترکیبات فنولی میوه انار رقم ملس ساوه طی دوره انبارمانی

ساناز مولائی*[۱]، ولی ربیعی[۲]، علی سلیمانی[۲]، فرهنگ رضوی[۲]

[۱]دانش‌آموخته دکتری علوم باغبانی،گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

[۲]دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان زنجان، ایران

*نویسنده مسئول: smolaie@znu.ac.ir

چکیده

هدف از پژوهش اخیر بررسی اثر تیمار خشکی جزئی پوست بر کیفیت تغذیه‌ای و ظاهری میوه انار رقم ملس ساوه طی ۹۰ روز انبارمانی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد بود. این مطالعه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام پذیرفت. تیمارهای مورد مطالعه شامل خشکی جزئی پوست در دو سطح (بدون خشکی پوست و خشک شدن پوست به مدت ۱۰ روز در دمای اتاق با دمای ۱±۲۰ درجه سانتی‌گراد) و زمان انبارمانی در سه سطح (۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز انبارمانی) بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد میزان فنول کل در میوه‌های تحت تیمار خشکی در مقایسه با میوه‌های شاهد به طور معنی‌داری بالاتر بوده و در پایان دوره ۹۰ روز انبارمانی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به اضافه سه روز عمر قفسه ای در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به mg GAE $100g^{-1}$ ۱۶۶/۹۷ رسید. میزان فلاونوئید و آنتوسیانین نیز در میوه‌های تیمار شده نسبت به میوه‌های شاهد طی دوره انبارمانی در سطوح بالاتری قرار داشتند که این مسئله با فعالیت بالای مسیر فنیل‌پروپانوئید همراه بود. به عبارت دیگر فعالیت بالای آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (PAL) و فعالیت پایین آنزیم پلی‌فنول‌اکسیداز (PPO) در میوه‌های تحت تیمار خشکی جزئی پوست سبب مقادیر بالاتر ترکیبات فنولی در این میوه‌ها شده‌است. در نتیجه، کاربرد تیمار خشکی جزئی پوست می‌تواند به عنوان تیمار طبیعی و ایمن موجب حفظ خواص کیفی میوه انار در طول دوره انبارمانی شود.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، پس از برداشت، متابولیسم فنول

مقدمه

انار (*Punica granatum* L.) میوه‌ای نافرازگرا بوده، بنابراین برداشت آن باید هنگام رسیدگی کامل محصول انجام گیرد، اما مانند همه میوه‌ها، پس از برداشت در معرض تغییرات نامطلوب ناشی از نابهنجاری‌های فیزیولوژیکی و فعالیت‌های آنزیمی قرار دارد. یکی از مشکلات میوه انار طی دوره انبارمانی قهوه‌ای شدن پوست در اثر سرمازدگی می‌باشد (Mirdehghan *et al*., 2007). قهوه‌ای شدن بافت و سطح میوه می‌تواند از یک جهت به نوع و محتوای ترکیبات فنولی و از جهت دیگر به فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول‌اکسیداز(PPO)، پراکسیداز(POD) و فنیل آلانین آمونیالیاز(PAL) مرتبط باشد. سنتز رنگدانه‌های قهوه‌ای به واسطه اکسیدشدن فنولیک توسط PPO و POD صورت گرفته و منجر به قهوه‌ای‌شدن سطحی می‌گردد. این تغییرات را نمی‌توان به‌طور کامل متوقف نمود اما با به‌کارگیری برخی تیمارها و فن‌آوری‌های پس از برداشت می‌توان این تغییرات را تا حد امکان کنترل نمود. خشک‌کردن در معرض هوا رایج‌ترین روش تجاری خشک کردن مواد غذایی و میوه‌ها می‌باشد. عامل اساسی در خشک کردن تولیدات غذایی و محصولات باغبانی که با هدف حفظ ترکیبات بیو اکتیو و افزایش عمر پس از برداشت انجام می‌گیرد، کاهش آب به میزان مشخص از سطح مواد جامد می‌باشد که آلودگی میکروبی و واکنش‌های تخریبی حاصل از واکنش‌های شیمیایی را به حداقل می‌رساند. تیمار خشک کردن در مطالعه اخیر شامل خشک کردن جزئی پوست میوه انار می‌باشد. میوه تازه انار به مدت محدودی در دسترس می‌باشد. بنابراین جهت افزایش عمر پس از برداشت و ارائه آن به مدت طولانی‌تر نیازمند نگهداری در سردخانه است. اما برخی مشکلات از جمله هزینه بالا و ناهنجاری‌هایی مانند آلودگی قارچی، سرمازدگی حاصل از نگهداری در سردخانه، لزوم استفاده از یک روش جایگزین را توجیه می‌نماید. خشک کردن جزئی پوست انار به صورت تجاری مورد استفاده قرار نمی‌گیرد اما یک روش معمول بین باغداران می‌باشد. در میوه خرما کاربرد دماهای مختلف جهت

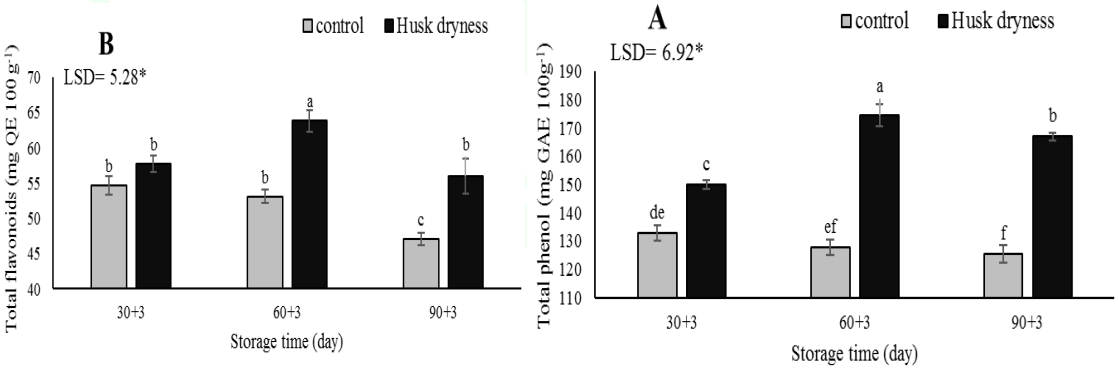
خشک کردن نشان داد که خشک کردن در دماهای پایین سبب حفظ ترکیبات فنلی شده‌است (شهدادی و همکاران، ۱۳۹۰). در مورد فلفل قرمز نیز گزارش شده که استفاده از دمای پایین جهت خشک کردن موجب حفظ میزان فنول کل شده است (Vega-Galvez *et al.*, 2009). بنابراین هدف از مطالعه اخیر ارزیابی تأثیر تیمارخشکی پوست میوه در حفظ کیفیت ظاهری و تغذیه‌ای میوه انار طی دوره ۹۰ روز انبارمانی می‌باشد.

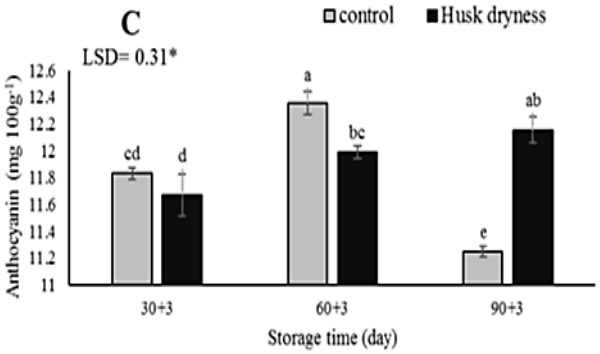
مواد و روش‌ها

در این مطالعه میوه‌های انار رقم ملس ساوه در هنگام بلوغ کامل، از باغ تجاری واقع در شهرستان طارم استان زنجان تهیه شده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید. میوه‌های تیمار شده پس از بسته‌بندی برای نگهداری به سردخانه‌ای با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰–۸۵ درصد منتقل گردید. نمونه‌برداری در فواصل زمانی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز نگهداری در سردخانه انجام گرفت و قبل از اندازه‌گیری صفات مورد نظر نمونه‌ها سه روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد (به‌عنوان عمر قفسه‌ای) قرار می‌گرفتند. جهت اندازه‌گیری فنول کل روش ارائه شده توسط Singleton and Rossi (1965) مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین میزان فلاونوئید کل از روش اسپکتروفتومتریک بیان شده توسط Zishen و همکاران (۱۹۹۹) استفاده شد. اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین با استفاده از روش تفاوت pH ارائه شده توسط Giusti و Wrolstad (۲۰۰۱) انجام شد. سنجش فعالیت آنزیم‌های PAL و PPO براساس روش ارائه شده توسط Nguyen و همکارن (۲۰۰۳) با اعمال تغییرات جزئی انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاًتصادفی انجام گرفته و نتایج 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.

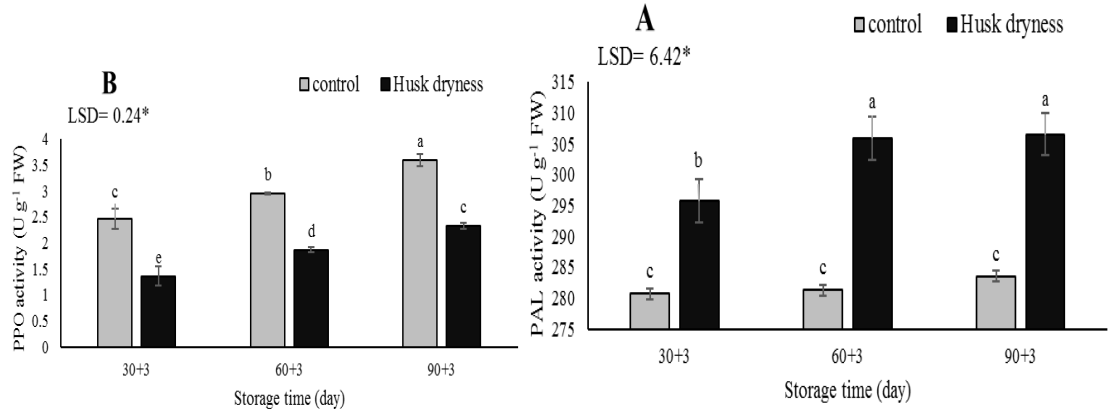
نتایج و بحث

نتایج نشان دهنده روند صعودی میزان فنول کل در میوه‌های تیمار شده طی ۶۰ روز اول انبارمانی می‌باشد و پس از آن کاهش خفیفی در میزان فنول کل در این میوه‌ها مشاهده شد. در پایان دوره انبارمانی کمترین میزان ($100g^{-1}$ mg GAE ۱۲۵/۴۲) فنول‌کل مربوط به میوه‌های شاهد بود و بیش‌ترین مقدار ($100g^{-1}$ mg GAE ۱۶۶/۹۷) نیز در میوه‌های تیمار شده در شکل ۱A مشاهده شد. داده‌های حاصل از ارزیابی میزان فلاونوئید، نشان‌دهنده افزایش میزان این پارامتر در میوه‌های تیمار شده طی انبارمانی می‌باشد، در پایان دوره انبارمانی بیشترین مقدار ($100g^{-1}$ mg QE ۵۵/۹۷) متعلق به میوه‌های تیمارشده با و کمترین مقدار ($100g^{-1}$ mg QE ۴۷/۰۷) مربوط به میوه‌های شاهد در شکل ۲B بود. میزان آنتوسیانین در میوه‌های شاهد طی ۶۰ روز انبارمانی افزایش یافته و سپس طی ۳۰ روز پایانی کاهش یافته اما در میوه‌های تیمار شده روند صعودی تا پایان دوره انبارمانی ادامه داشت. در پایان دوره انبارمانی بیشترین ($100g^{-1}$mg ۱۲/۱۵) و کمترین ($100g^{-1}$ mg ۱۱/۲۵) به ترتیب متعلق به میوه‌های تیمار شده با خشکی پوست و میوه‌های شاهد در شکل ۳C بود.





شکل ۱- تغییرات محتوای فنول (A)، فلاونوئید (B) و آنتوسیانین کل (C) 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.



شکل ۲- تغییرات فعالیت آنزیم‌های PAL (A) و PPO (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.

نتایج حاکی از افزایش فعالیت آنزیم PAL در تمام نمونه‌ها طی انبارمانی بود. در پایان انبارمانی بالاترین سطح (۳۰۶/۵۵ U g^{-1} FW) فعالیت آنزیم PAL در میوه‌های تحت تیمار و کمترین فعالیت (۲۸۳/۵۶ U g^{-1} FW) نیز در میوه‌های شاهد، مشاهده شد، شکل ۲A. همچنین فعالیت آنزیم PPO در تمام میوه‌ها اعم از تیمار شده و شاهد طی دوره انبارمانی افزایش یافت. اما در میوه‌های تیمار شده افزایش فعالیت آنزیم PPO کنترل شده، بنابراین در پایان دوره انبارمانی بیشترین (۳/۵۹ U g^{-1} FW min^{-1}) و کمترین (U g^{-1} FW ۲/۳۳min^{-1}) میزان فعالیت آنزیم PPO به ترتیب در میوه‌های شاهد و میوه‌های تحت تیمار در شکل ۲B مشاهده شد.

فنول‌ها یکی از مهمترین اجزای تشکیل‌دهنده سیستم آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها و سبزی‌ها می‌باشد. فلاونوئیدها نیز از مهمترین ترکیبات فنولی هستند که یکی از اجزای غیر آنزیمی سیستم آنتی‌اکسیدانی بوده که در سرکوب ROSها(Reactive Oxygen Species) نقش حیاتی دارد. آنتوسیانین نیز یکی از اجزای ترکیبات فنولی می‌باشد که مسئول ایجاد رنگ قرمز-آبی در بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها می‌باشد و اثرات مثبتی بر سلامتی انسان دارد، یکی از مهمترین ویژگی‌های بیولوژیکی ترکیبات فنولی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. بنابراین حفظ این ترکیبات در سطوح بالاتر در طول دوره انبارمانی و عمر قفسه‌ای بسیار حائز اهمیت می‌باشد. افزایش میزان ترکیبات فنولی در طول دوره نگهداری در سردخانه نشان‌دهنده تداوم بیوسنتز مبتنی بر فعالیت بالای آنزیم‌های مسیر سنتز این ترکیبات پس از برداشت می‌باشد. با فعالیت آنزیم PAL سنتز ترکیبات فنولی افزایش یافته و در نتیجه آن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا می‌رود در نهایت

سبب حفظ ارزش‌های تغذیه‌ای میوه در طول دوره انبارمانی می‌گردد. برخلاف آنزیم PAL، آنزیم PPO بر ترکیبات فنولی تأثیر منفی داشته و در قهوه‌ای شدن میوه‌ها و سبزی‌ها مشارکت می‌کند (Wang *et al*., 2020). نتایج بدست آمده در مطالعه اخیر نشان‌دهنده فعالیت بالای مسیر فنیل‌پروپانوئید در میوه‌های تیمار شده با خشکی پوست در طول دوره انبارمانی می‌باشد، این مسئله مربوط به فعالیت بالای آنزیم PAL و بالعکس فعالیت پایین آنزیم PPO در میوه‌های تیمار شده در مقایسه با میوه‌های شاهد می‌باشد.

منابع

شهدادی، ف.، میرزایی، ح.، مقصودلو، ی.، قربانی، م. وگرمه‌خانی، ا. ۱۳۹۰. تأثیر فرآیند 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.

Giusti, M. M., Wrolstad, E. 2001. Anthocyanins: Characterization and Measurement with UV–visible Spectroscopy. In: E. Wrolstad (Ed), Current Protocols in Food Analytical Chemistry. (pp. F1.2.1–F1.2.13.) Wiley, New York.

Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J. M., Zapata, P. J., Serrano, M. Valero, D. 2007. Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: role of polyamines. Postharvest Biology and Technology, 44: 19-25.

Nguyen, T. B. T., Ketsa, S., Van Doorn, W. G. 2003. Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. Postharvest Biology and Technology, 30: 187-193.

Singleton, V. L., Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American Journal of. Enology and Viticulture, 16: 144-158.

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.

Wang, J., Lv, M., He, H., Jiang, Y., Yang, J., Ji, S. 2020. Glycine betaine alleviated peel browning in cold-stored ‘Nanguo’ pears during shelf life by regulating phenylpropanoid and soluble sugar metabolisms. Scientia Horticulturae, 262: 109100.

Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry, 64: 555-559.

Impact of Partial Husk dryness on Phenolic Composition of Pomegranate Fruit (cv. Malase saveh) During Storage Duration

Sanaz Molaei[1*], Vali Rabiei[1], Ali Soleimani[1], Farhang Razavi[1]
[1] Dept. of Horticultural Sciences, university of Zanjan, Zanjan-Iran.
**Corresponding Author: smolaie@znu.ac.ir*

Abstract

The aim of this study was evaluation of the impact of partial dryness of husk on nutritional quality of pomegranate fruit (cv. Malase saveh) during of cold storage at 4 ºC and 85-90 % relative humidity for 90 days. The experimental design was a factorial based on completely randomized design with three replications. Treatments includes partial husk drying in 2 levels (without dryness and husk dryness at room temperature 20±1 ºC for 10 days), and storage time in 3 levels (30, 60 and 90 days). Obtained results showed that the total phenol content of treated fruits was significantly higher than in control one and reached 166.7 (mg GAE $100g^{-1}$) at the end of 90 days of storage at 4 ºC plus 3 days at 20 ºC as shelf life. The content of flavonoids and anthocyanin of treated pomegranate fruits were in higher levels in comparison with control fruits and this issue is related to higher activity of phenylpropanoid pathway. On the other hand, high activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and low activity of polyphenol oxidase (PPO) in treated fruits led to high content of phenolic composition during storage period. In conclusion, applying of partial husk dryness, as a safe and natural treatment, could preserve nutritional values of pomegranate fruits during postharvest life.

***Keywords*:** Phenolic metabolism, Postharvest, Storage life