نهمین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی فیزیولوژی گیاهی
9th National and 1st International Conference of Plant Physiology
۲۷–۲۹ بهمن ۱۴۰۴، دانشگاه گیلان

بررسی ترکیبات زیست‌فعال اناردانه آماده‌مصرف طی دوره نگهداری در ارقام مختلف

زیبا امیدی فرد[۱]، علی قرقانی[۱*]
۱ علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات ترکیبات زیست‌فعال اناردانه آماده‌مصرف طی دوره نگهداری در دمای یخچال و ارزیابی نقش رقم انجام شد. اناردانه سه رقم واندر فول، فاروق و رباب پس از جداسازی دستی، به بخش‌های ۱۰۰ گرمی تقسیم، در کیسه‌های زیپ‌کیپ از جنس پلی‌آمید بسته‌بندی و به مدت ۲۵ روز در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. نمونه‌برداری در روزهای ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ انجام شد. در هر مرحله، فنول کل، آنتوسیانین کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که نگهداری سرد موجب تغییرات معنی‌دار در ترکیبات زیست‌فعال اناردانه شد و الگوی این تغییرات به رقم وابسته بود. به‌طور کلی، محتوای فنول کل در رقم واندفول و رباب افزایش معنی داری نشان داد، آنتوسیانین‌ها پایداری محدودتری طی نگهداری داشتند و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش زمان نگهداری کاهش معنی داری یافت. تفاوت مشاهده‌شده بین ارقام بیانگر نقش عوامل ژنتیکی در رفتار فیزیولوژیک و پایداری ترکیبات زیست‌فعال اناردانه آماده‌مصرف طی نگهداری سرد است.

مقدمه

افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای محصولات غذایی تازه، سالم و آماده‌مصرف موجب گسترش محصولات حداقل‌فرآوری‌شده در سال‌های اخیر شده است. این محصولات علاوه بر سهولت مصرف، می‌توانند نقش مؤثری در کاهش ضایعات پس‌ازبرداشت ایفا کنند(Çandır, 2017) .در این میان، انار (*Punica granatum L.*)به‌دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال از جمله ترکیبات فنولی و آنتوسیانین‌ها، از ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردار بوده و پتانسیل مناسبی برای عرضه به‌صورت اناردانه آماده‌مصرف دارد (Bhatia and Asrey, 2019). با این حال، جداسازی اناردانه‌ها باعث حذف ساختارهای حفاظتی طبیعی میوه شده و بافت را در معرض تنش‌های پس‌ازبرداشت قرار می‌دهد. این شرایط می‌تواند منجر به تغییرات فیزیولوژیک، تشدید فرآیندهای اکسیداتیو و تغییر در ترکیبات زیست‌فعال طی نگهداری شود(Ghasemi-Soloklui *et al*., 2019). نگهداری در دمای یخچال اگرچه متداول‌ترین روش افزایش عمر ماندگاری محصولات آماده‌مصرف است، اما خود می‌تواند به‌عنوان یک عامل تنش‌زا، متابولیسم بافت را تحت تأثیر قرار دهد و رفتار ترکیبات زیست‌فعال را تغییر دهد(Belay et al., 2019). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که میزان پایداری ترکیبات فنولی، آنتوسیانین‌ها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در اناردانه آماده‌مصرف می‌تواند به‌طور معنی‌داری به رقم وابسته باشد؛ به‌طوری‌که تفاوت‌های ژنتیکی نقش مهمی در پاسخ‌های فیزیولوژیک بافت طی نگهداری ایفا می‌کنند (Ghasemi-Soloklui *et al*., 2019؛ Singla *et al*., 2022). با وجود این، اطلاعات مربوط به تغییرات ترکیبات زیست‌فعال اناردانه آماده‌مصرف در ارقام مختلف طی دوره نگهداری سرد همچنان محدود است .بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی تغییرات ترکیبات زیست‌فعال اناردانه آماده‌مصرف طی دوره نگهداری در دمای یخچال و ارزیابی نقش رقم در رفتار فیزیولوژیک این محصول پس از برداشت بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، میوه‌های انار سه رقم شامل واندر فول، فاروق و رباب از یک باغ تجاری در منطقه نی‌ریز، استان فارس تهیه شدند. پس از انتقال به آزمایشگاه، اناردانه‌ها به‌صورت دستی جدا شده و به بخش‌های ۱۰۰ گرمی تقسیم شدند. نمونه‌ها به‌عنوان محصول آماده‌مصرف در کیسه‌های زیپ‌کیپ از جنس پلی‌آمید بسته‌بندی و در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۲۵ روز نگهداری شدند و ارزیابی‌ها در روزهای ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ انجام گرفت. در هر زمان نمونه‌برداری، ترکیبات زیست‌فعال اناردانه اندازه‌گیری شدند. مقدار فنول کل با استفاده از روش فولین–سیوکالتو تعیین شد .آنتوسیانین کل به روش pHمتفاوت اندازه‌گیری گردید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با استفاده از روش حذف رادیکال آزاد DPPHمورد ارزیابی قرار گرفت.

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل با دو عامل رقم و زمان نگهداری، بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری R مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۱، نگهداری سرد اناردانه آماده‌مصرف موجب تغییرات معنی‌دار در مقدار فنول کل، آنتوسیانین کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در طول دوره نگهداری شد. این تغییرات بسته به رقم و زمان نگهداری الگوهای متفاوتی را نشان داد. مقدار فنول کل در رقم واندر فول از مقدار اولیه ۶۵۳/۷۰میلی‌گرم معادل اسید گالیک در لیتر در روز صفر به ۹۳۱/۸۶ میلی‌گرم در روز پنجم افزایش یافت و در روز پانزدهم به ۱۳۲۳/۵۹میلی گرم رسید (جدول ۱). در ادامه دوره نگهداری، مقدار فنول کل در این رقم نوسان داشته و در روز بیست و پنجم به ۱۳۶۶/۸۰ میلی‌گرم رسید. در رقم رباب، مقدار فنول کل از ۷۴۷/۹۵ میلی‌گرم در روز صفر به۹۷۴/۶۲ میلی‌گرم در روز بیست و پنجم افزایش یافت، در حالی‌که در در حالی‌که در رقم فاروق مقادیر پایین‌تری مشاهده شد و بیشترین مقدار ثبت‌شده برابر با۷۱۶/۶۹ میلی‌گرم در روز بیستم بود این تغییرات در رقم های واندرفول و رباب افزایش معنی داری نشان داد (جدول ۱). این افزایش یا نوسان در محتوای فنول کل می‌تواند ناشی از فعال‌شدن متابولیسم فنولی در پاسخ به تنش جداسازی بافت و شرایط نگهداری سرد باشد؛ به‌گونه‌ای که تعادل بین سنتز، آزادسازی و تخریب ترکیبات فنولی طی نگهداری تغییر می‌کند(Ghasemi-Soloklui *et al*., 2019؛ Bhatia and Asrey, 2019). مقدار آنتوسیانین کل نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). در رقم واندر فول، مقدار آنتوسیانین کل از۷۲۱/۸۴ میلی‌گرم در لیتر در روز صفر به ۷۹۰/۰۸ میلی‌گرم در روز دهم افزایش یافت و سپس در روز بیستم به۶۲۷/۳۲ میلی‌گرم کاهش پیدا کرد. در رقم رباب، مقدار آنتوسیانین کل در محدوده۳۲۶/۴۱ تا ۵۱۴/۳۳ میلی‌گرم در لیتر طی دوره نگهداری تغییر کرد. کمترین مقادیر آنتوسیانین کل مربوط به رقم فاروق بود، به‌طوری‌که این مقدار در کل دوره نگهداری کمتر از ۱۰۵ میلی‌گرم در لیتر باقی ماند (جدول ۱).تغییرات آنتوسیانین در طول نگهداری نسبت به فنول کل محدودتر بود، اما کاهش تدریجی آن در برخی ارقام مشاهده شد که می‌تواند به ناپایداری این رنگدانه‌ها در شرایط نگهداری سرد، تغییرات pH سلولی و افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو مرتبط باشد (Ghasemi-Soloklui *et al*., 2019). به طور کلی اختلاف معنی داری بین ارقام مشاهده شد اما با اینکه دوره نگهداری باعث کاهش میزان آنتوسیانین گردید اما این کاهش معنی دار نبود. اختلاف واضح بین ارقام نشان‌دهنده تفاوت‌های ذاتی آن‌ها در ظرفیت سنتز و پایداری آنتوسیانین‌ها است. نتایج ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد که این شاخص نیز تحت تأثیر زمان نگهداری و رقم قرار گرفت (جدول ۱). در رقم واندر فول، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از ۸۰/۸۵ درصد در روز صفر به ۷۳/۷۸ درصد در روز بیست و پنجم کاهش یافت. در رقم رباب، مقدار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی از ۸۸/۱۸ درصد در روز صفر به ۲۲/۶۴ درصد در روز بیست و پنجم رسید که در هر دوی این ارقام کاهش معنی داری نشان داد. رقم فاروق در طول دوره نگهداری مقادیر بالاتری را نسبت به دو رقم دیگر حفظ کرد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن در بازه ۵۶/۷۲ تا ۱۵/۸۹ درصد قرار داشت (جدول ۱) .این کاهش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند بازتابی از مصرف تدریجی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در فرآیند خنثی‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن و تشدید تنش اکسیداتیو طی نگهداری باشد. هم‌زمانی تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با تغییرات فنول کل نشان می‌دهد که ترکیبات فنولی نقش اصلی را در تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی اناردانه آماده‌مصرف ایفا می‌کنند (Ghasemi-Soloklui *et al*., 2019؛ Singla *et al*., 2022). به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که نگهداری سرد موجب تغییر در وضعیت فیزیولوژیک اناردانه آماده‌مصرف شده و شدت این تغییرات به رقم وابسته است. ارقامی که محتوای بالاتری از فنول‌ها و آنتوسیانین‌ها داشتند، پایداری بیشتری از نظر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی طی دوره نگهداری نشان دادند. این نتایج بر اهمیت انتخاب رقم مناسب در حفظ کیفیت زیست‌فعال اناردانه آماده‌مصرف و مدیریت شرایط پس از برداشت تأکید می‌کند(Çandır, 2017؛ Belay *et al*., 2019).

جدول ۱. تغییرات فنول کل، آنتوسیانین کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی اناردانه آماده‌مصرف ارقام مختلف طی نگهداری سرد

رقم	روز	فنول کل (mg GAE/L)	آنتوسیانین کل (mg/L)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (٪)
واندر فول	۰	۶۵۳/۷۰ ± ۴۶/۷۵a	۷۲۱/۸۴ ± ۳۲/۴۶c	۸۰/۸۵ ± ۱/۳۵b
واندر فول	۵	۹۳۱/۸۶ ± ۲۲۸/۵۸b	۷۴۶/۳۹ ± ۳۰/۷۲c	۸۲/۲۹ ± ۲/۷۱b
واندر فول	۱۰	۸۰۰/۸۳ ± ۲۷/۳۹b	۷۹۰/۰۸ ± ۶۳/۷۹c	۸۳/۴۷ ± ۰/۱۶b
واندر فول	۱۵	۱۳۲۳/۵۹ ± ۸۲/۳۲b	۷۶۴/۴۷ ± ۳۳/۲۶c	۷۱/۷۸ ± ۱/۲۸a
واندر فول	۲۰	۱۰۸۷/۲۶ ± ۶۱/۶۰b	۶۲۷/۳۲ ± ۵۲/۶۹c	۶۹/۰۰ ± ۳/۴۲a
واندر فول	۲۵	۱۳۶۶/۸۰ ± ۸۳/۲۸c	۶۸۶/۴۴ ± ۳۳/۶۲c	۷۳/۷۸ ± /۴۴a
رباب	۰	۷۴۷/۹۵ ± ۹۱/۹۹a	۳۲۶/۴۱ ± ۵/۸۱b	۸۸/۱۸ ± ۰/۷۰b
رباب	۵	۸۵۴/۶۲ ± ۶۱/۳۹b	۴۲۹/۹۴ ± ۱۰/۵۹b	۸۸/۹۸ ± ۰/۱۵b
رباب	۱۰	۵۵۳/۰۱ ± ۱۸/۳۷ab	۵۱۴/۳۳ ± ۱۹/۱۴b	۸۴/۰۰ ± ۰/۶۳b
رباب	۱۵	۷۶۱/۲۹ ± ۷۳/۳۴a	۳۳۲/۴۲ ± ۲۱/۴۳b	۷۲/۵۶ ± ۱/۲۸a
رباب	۲۰	۸۸۴/۵۱ ± ۱۱۳/۳۶ab	۳۶۹/۱۶ ± ۱۳/۹۹b	۶۸/۴۴ ± ۲/۸۰a
رباب	۲۵	۹۷۴/۶۲ ± ۱۱/۲۹b	۳۷۰/۸۳ ± ۵۱/۲۹b	۶۴/۲۲ ± ۱/۳۷a
فاروق	۰	۵۳۱/۴۰ ± ۶۷/۳۶a	۹۵/۴۱ ± ۱/۷۴a	۸۶/۹۳ ± ۰/۸۱b
فاروق	۵	۳۲۲/۲۱ ± ۱۳۵/۶۳a	۱۰۴/۹۸ ± ۰/۸۹a	۸۹/۱۵ ± ۰/۵۰b
فاروق	۱۰	۳۴۸/۸۷ ± ۱۲/۶۰a	۱۰۴/۵۴ ± ۱۶/۸۰a	۸۶/۳۷ ± ۰/۱۳b
فاروق	۱۵	۵۸۵/۲۰ ± ۲۵/۰۰a	۸۳/۳۸ ± ۵/۸۷a	۸۱/۰۰ ± ۱/۱۷b
فاروق	۲۰	۷۱۶/۶۹ ± ۱۲۴/۳۹a	۸۰/۶۰ ± ۱۳/۶۱a	۷۲/۵۶ ± ۲/۸۹a
فاروق	۲۵	۵۶۷/۲۶ ± ۳۷/۲۹a	۸۵/۵۰ ± ۲/۷۸a	۷۸/۰۰ ± ۰/۵۱b

مقادیر به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد (SE) ارائه شده‌اند. حروف غیرمشابه انگلیسی در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون توکی هستند.

منابع

Bhatia, K., and Asrey, R. (2019). Minimal processing of pomegranates (*Punica granatum* L.)—A review on processing, quality, and shelf life. Journal of Food Processing and Preservation, 43(12): e14281. doi: 10.1111/jfpp.14281

Çandır, E. (2017). Fresh-cut fruits. In Minimally processed refrigerated fruits and vegetables (pp. 327–384). Boston, MA: Springer US.

Ghasemi-Soloklui, A.A., Gharaghani, A., Oraguzie, N., and Ramezanian, A. (2019). Shelf life and biochemical changes of ready-to-eat arils among nineteen Iranian pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) during storage. Journal of Food Science and Technology, 56(3): 1416–1426. doi: 10.1007/s13197-019-03620-0

Produce, P.F. (2018). Optimal Packaging Design and Innovative Packaging Technologies for Minimally. Quantitative Methods for Food Safety and Quality in the Vegetable Industry, 193. doi: 10.1007/978-3-319-68177-1_9

Belay, Z.A., Caleb, O.J., and Opara, U.L. (2019). Influence of initial gas modification on physicochemical quality attributes and molecular changes in fresh and fresh-cut fruit during modified atmosphere packaging. Food Packaging and Shelf Life, 21: 100359. doi: 10.1016/j.fpsl.2019.100359

Singla, M., Pareek, S., Kumar, N., Sagar, N.A., and Fawole, O.A. (2022). Chitosan-Cinnamon Oil Coating Maintains Quality and Extends Shelf Life of Ready-to-Use Pomegranate Arils under Low-Temperature Storage. Journal of Food Quality, 2022(1): 3404691. doi: 10.1155/2022/3404691