تأثیر ترکیبی امواج فراصوت و بسته‌بندی اتمسفر تغییریافته بر ماندگاری و کیفیت آریل انار *Punica granatum* L. رقم شیشه‌کپ

اسماء حیدری[۱] ، فرید مرادی‌نژاد*[۲] ، الهام انصاری فر[۳]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بیرجند، ایران.

۲-دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بیرجند، ایران.

۳-استادیار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، ایران.

*نویسنده مسئول: fmoradimezhad@birjand.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، تأثیر تیمار فراصوت به‌همراه بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته فعال و غیر فعال بر فرآیند میزان آنتوسیانین و رنگ آریل میوه انار رقم شیشه‌کپ بررسی شد. برای این منظور از یک دستگاه حمام فراصوت در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شد. امواج فراصوت در فرکانس ثابت و در سه سطح زمان ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی بر نمونه‌ها اعمال شد و بلافاصله نمونه‌ها به‌صورت جداگانه در پوشش پلی‌اتیلنی کم‌نفوذ به‌صورت اتمسفر تغییر یافته (MAP) و بسته‌بندی منفعل (Passive) نگهداری شدند و پس از ۲۱ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج نشـان داد که تمامی تیمارهای به‌کاربرده شده میزان آنتوسیانین آریل انار را افزایش داد. همچنین میوه‌هایی که در پلاستیک پلی‌اتیلن کم‌نفوذ به‌صورت اتمسفر (وکیوم) نگهداری شده بودند در مقایسه با میوه‌های نگهداری‌شـده در اتمسفر منفعل دارای کمترین مقدار کاهش آنتوسیانین بودند. همچنین کاربرد امواج فراصوت در بین نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تیمار شده اختلاف معنی‌داری نشان داد، به‌طوریکه بیشترین میزان آنتوسیانین در بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته (MAP) و مدت زمان ۵ دقیقه به دست آمد. بررسی نتایج مؤلفه‌های رنگ آریل نیز نشان داد که مقدار قرمزی رنگ آریل تحت تأثیر اثرات متقابل تیمارهای فراصوت و نوع بسته‌بندی قرار گرفته و دارای رنگ قرمز بیستری نسبت به نمونه‌های شاهد بودند. به‌طور کل می‌توان چنین نتیجه گرفت که تیمار ۵ و ۱۰ دقیقه فراصوت به‌همراه بسته‌بندی با وکیوم بهترین نتیجه را در بین تیمارها داشت.

واژه‌های کلیدی : آنتوسیانین، بسته‌بندی اتمسفر تغییریافته، امواج فراصوت، انار

مقدمه

انار .*Punica granatum* L، متعلق به خانواده *Punicacea*، میوه‌ای خوراکی بوده و به‌طور گسترده در کشورهای مدیترانه‌ای کشت می‌گردد. آریل‌ها بخش خوراکی میوه هستند که غنی از قند، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها، پلی‌ساکاریدها و مواد معدنی ضروری است (Sarkhosh *et al*., 2007). فعالیت آنتی‌اکسیدانی و همچنین فلاونوئیدهای موجود در عصاره آریل انار، باعث جلوگیری از بسیاری از امراض بویژه برخی سرطان‌ها و سکته‌های قلبی می‌شود (Porat *et al*., 2008).

حفظ کیفیت میوه‌ها طی زمان‌های بلندمدت انباری، از مهم‌ترین مسائل در دوره نگهداری پس از برداشت آنها می‌باشد. انار در اثر عوامل بیماری‌زای قارچی، صدمات فیزیکی، کاهش وزن و سرمازدگی در دمای پایین طی زمان برداشت، انتقال، انبارداری و فروش آسیب می‌بیند که باعث خسارت زیادی به تولید کنندگان می‌شود (Ghatge *et al*., 2005). یکی از راه‌های اساسی برای طولانی‌کردن عمر تجاری آریل انار، بهینه‌سازی شرایط محیطی است که باعث حفظ کیفیت میوه‌ها می‌شود. بسته‌بنـدی با اتمسفر تغییریافته (MAP) همراه با نگهداری در دمای سرد به‌طور موفقیت‌آمیزی برای طولانی نمودن عمـر نگهـداری میـوه و سبزی‌هـای آبـدار مـورد اسـتفاده قـرار گرفتـه اسـت (Mahajan *et al*., 2014).

بسـته‌بنـدی با اتمسـفر تغییـریافتـه فرآینـدهای فیزیولـوژیکی و زیست‌شیمیایی را کاهش داده، پیری را به تأخیر مـی‌انـدازد و در نتیجـه فـرآورده بسـته‌بنـدی‌شـده شـاداب بـاقی مـی‌مانـد و ویژگی‌های کیفی و ایمن از میکروب آن نیز حفظ می‌گردد. (Mangaraj *et al*., 2005) در یک آزمایش، ویژگی‌های کیفی میوه‌های انار "Wonderful" با استفاده از پوشش بسته‌بندی اتمسفر تغییریافته در سردخانه به مدت چهار ماه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در پایان دوره ذخیره‌سازی، تیمارهای بسته‌بندی شده، درصد کاهش وزن را به حداقل رسانده و بروز پوسیدگی و محتوای TA نسبتاً کاهش یافته و کاهش آنتوسیانین در عین حال حفظ می‌شود. استحکام میوه

به‌طور قابل توجهی بالاتر، درصد TSS، رنگ میوه بهتر و ویژگی‌های ظاهری خوبی دارد (Shaarawi *et al*., 2017) پتانسیل فراصوت در صنعت غذا از سال ۱۹۷۰ به رسمیت شناخته شده است و به عنوان یک فناوری بالقوه و قابل استفاده پس از برداشت، توجه ویژه‌ای را جلب کرده است (Seymour *et al*., 2002). از آنجایی‌که فراصوت باعث شکستن سلول‌های میکروارگانیسم می‌شود، این تکنولوژی در گندزدایی محصولات بکار برده می‌شود. رنگ یک کیفیت حسی مهم درمورد میوه‌ها و سبزیجات تازه است و به رنگدانه‌های موجود در آنها بستگی دارد. کلروفیل، کاروتنوئید و آنتوسیانین مهم‌ترین رنگدانه‌ها هستند. پس از برداشت محصول، این رنگدانه‌ها شروع به تخریب می‌کنند، بنابراین رنگ به‌تدریج رو به وخامت می‌گذارد و این باعث کاهش چشمگیر در پذیرش محصولات تازه شده است. خوشبختانه، مطالعات اخیر نشان داد که پیش‌درمانی با فراصوت می‌تواند تخریب رنگدانه‌ها را نیز به تعویق بیندازد (Wei, 2010). الکساندر و همکاران، موفقیت در مهارکاهش آنتوسیانین درتوت فرنگی تحت تیمار با فراصوت را گزارش کردند (Alexandre *et al*., 2012) لذا هدف از این تحقیق دستیابی به آگاهی بیشتر در خصوص کیفیت و میزان آنتوسیانین و رنگ آریل انار در شرایط اثر ترکیبی امواج فراصوت و بسته‌بندی اتمسفر تغییریافته بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از آریل انار رقم شیشه‌کپ برداشت شده در مرحله بلوغ تجاری استفاده شد. میوه جمع‌آوری شده جهت اجرای آزمایش به آزمایشگاه دانشگاه منتقل شد. به‌منظور بررسی تأثیر ترکیبی امواج فراصوت و بسته‌بندی اتمسفر تغییریافته بر خواص مکانیکی و شیمیای نمونه‌ها در مرحله اول از یک دستگاه حمام التراسونیک با فرکانس ثابت (۴۵ کیلوهرتز) استفاده شد. ابتدا محفظه حمام با آب مقطر پر شد، سپس بعد از این که آریل‌ها به صورت شناور در محفظه حمام (با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه قرار داده شدند. تمامی آریل‌های تیمار شده با امواج فراصوت پس از بسته‌بندی در دو نوع وکیوم و منفعل در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد یخچال نگهداری شدند. از آریل انارهای ذخیره شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بدون بسته‌بندی و در اتمسفر محیط یخچال به‌عنوان شاهد استفاده شد. تغییرات در مؤلفه‌های رنگ آریل با استفاده از دستگاه رنگ سنج اندازه‌گیری شد. محتوی آنتوسیانین آریل‌ها به روش pH افتراقی و بر حسب آنتوسیانین غالب آریل‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج حاصله بر مبنای آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و با کمک نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

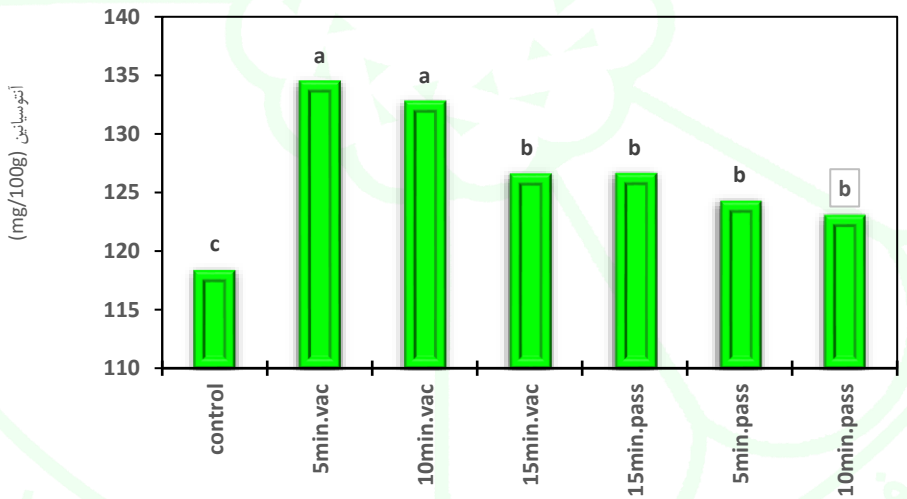
نتایج و بحث

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل زمان فراصوت و بسته‌بندی اتمسفر تغییریافته بر محتوای آنتوسیانین در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد تیمارهای اعمال شده بر مؤلفه‌های L^* (میزان تیرگی و روشنایی) و b^* (میزان زردی) رنگ آریل‌ها تأثیر معنی‌داری نداشت. اما طبق جدول ۱ مؤلفه a^* (قرمزی) تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار گرفت. به‌طوری که بیشترین مقدار a^* (۲۱/۵۲) از آریل‌های تحت تیمار ۱۵ دقیقه فراصوت که وکیوم شده بودند حاصل شد. هر چند بین تیمار ذکر شده و تیمارهای ۳ (زمان ۵ دقیقه– بسته‌بندی مپ منفعل) و ۴ (زمان ۱۰ دقیقه– بسته‌بندی وکیوم) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین کمترین مقدار قرمزی آریل‌ها (مؤلفه a^* رنگ) ار تیمار شاهد (۱۷/۵۲) به دست آمد. با این حال بین تیمار شاهد و تیمار ۲ (زمان ۵ دقیقه– بسته‌بندی وکیوم) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل زمان فراصوت و نوع بسته‌بندی بر محتوای آنتوسیانین و مؤلفه‌های رنگ (L*، a* و b*) آریل انار

تیمار		مقایسه میانگین		
		L*	a*	b*
شاهد	۱	۶/۴۹^{a}	۱۷/۵۲^{c}	۱/۲۸۵^{a}
زمان ۵ دقیقه- بسته‌بندی وکیوم	۲	۷/۵۱^{a}	۱۸/۷۲^{bc}	۱/۳۹۱^{a}
زمان ۵ دقیقه- بسته‌بندی مپ منفعل	۳	۶/۴۷^{a}	۲۱/۴۱^{a}	۱/۳۵۱^{a}
زمان ۱۰ دقیقه- بسته‌بندی وکیوم	۴	۷/۲۹^{a}	۲۱/۰۱^{a}	۱/۴۲۵^{a}
زمان ۱۰ دقیقه- بسته‌بندی مپ منفعل	۵	۶/۹۰^{a}	۱۸/۵۵^{bc}	۱/۳۶۹^{a}
زمان ۱۵ دقیقه- بسته‌بندی وکیوم	۶	۷/۵۴^{a}	۲۱/۵۲^{a}	۱/۲۸۲^{a}
زمان ۱۵ دقیقه- بسته‌بندی مپ منفعل	۷	۶/۸۳^{a}	۱۹/۱۰^{b}	۱/۴۰۳^{a}

بر اساس شکل ۱ اثرات متقابل امواج فراصوت و نوع بسته‌بندی تأثیر معنی‌داری بر درصد محتوای آنتوسیانین آریل انار داشت. همانطور که مشاهده می‌شود تمامی تیمارها اعمال شده نسبت به شاهد دارای محتوای بالاتری از آنتوسیانین هستند. به‌طوریکه بیشترین محتوای آنتوسیانین مربوط به تیمار بسته‌بندی وکیوم و زمان ۵ دقیقه بود (۱۳۴/۵۱ میلی‌گرم/ ۱۰۰گرم وزن‌تر) اگر چه بین تیمار ذکر شده و تیمار بسته‌بندی وکیوم و زمان ۱۰ دقیقه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین کمترین میزان آنتوسیانین از تیمار شاهد (۱۱۸/۴۲ میلی‌گرم/ ۱۰۰گرم وزن‌تر) به دست آمد. نتایج نشان داد که آنتوسیانین اگرچه در تمام تیمارها نسبت به شاهد افزیش یافت اما این افزایش در تیمار بسته‌بندی با وکیوم بیشتر مشهود بود که نشان‌دهنده اثر مثبت نوع بسته‌بندی در نگهداری و حفظ کیفیت محصول می‌باشد، بطوریکه در تیمار زمان ۱۵ به‌همراه بسته‌بندی منفعل با وجود بکار بردن امواج فراصوت، میزان آنتوسیانین تفاوت چشمگیری با تیمار شاهد نداشت.



شکل۱- اثر متقابل مدت زمان فراصوت و نوع بسته‌بندی بر محتوای آنتوسیانین آریل انار

آنتوسیانین‌ها جزو ترکیبات زیست‌فعال می‌باشند که از لحاظ ویژگی‌های سلامت‌بخشی مورد توجه زیادی هستند. در بین میوه‌ها، انار حاوی مقدار بالایی از آنتوسیانین‌ها می‌باشد. اکسیژن از مهم‌ترین عوامل تخریب آنتوسیانین می‌باشد. به‌این منظور که اکسیژن سبب عدم ثبات رنگدانه آنتوسیانین می‌شود و بسته‌بندی وکیوم با کاهش مقدار اکسیژن منجر به افزایش این رنگدانه در آریل‌های انار می‌شود (Alexandre *et al*., 2012). همچنین، آنزیم‌های پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز در تخریب رنگدانه‌های آنتوسیانین دارای نقش قابل‌توجهی می‌باشد از طرفی یکی از موارد استفاده از فراصوت، غیر فعال‌سازی برخی آنزیم‌ها می‌باشد. انرژی بالا طی حباب‌زایی منجر به دناتوره

شدن آنزیم‌ها و یا تغییر نقطه فعال آنزیم می‌شود (Wei, 2010). بیشتر در مورد آنزیم‌هایی که مقاومت حرارتی کمتری دارند، صدق می‌کند. طبق این نظریات می‌توان چنین بیان داشت که تیمارهای فراصوت با کاهش در میزان سنتز آنزیم‌های تخریب‌کننده آنتوسیانین باعث حفظ این ترکیبات در آریل انار می‌شود. از آنجایی که محتوای آنتوسیانین ارتباط نزدیکی با قرمزی رنگ میوه (a^*) دارد نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که تیمارهای به تمامی تیمارهای به کار برده قرمز رنگ آریل‌ها را نسبت به شاهد افزایش داد که مطابق با نتایج حاصل از محتوای آنتوسیانین در همین گزارش است. در تحقیق حاضر به‌طور کل می‌توان چنین بیان داشت که امواج التراسونیک یا فراصوت تأثیر مثبتی در محتوای آنتوسیانین آریل‌های تیمارشده نسبت به نمونه‌های شاهد داشت. زمان موج‌دهی فراصوت تأثیر معنی‌داری در محتوای آنتوسیانین داشته که در زمان ۵ و ۱۰ دقیقه بیشترین درصد مشاهده می‌شود. همچنین، نوع بسته‌بندی تأثیر چشمگیری در محتوای آریل‌های تیمار شده نسبت به شاهد داشته است.

منابع

Roosta, H.R., Mohammadian, F., Raghami, M., Hamidpour, M., Mirdehghan, S.H. 2020. Effect of nutrient solution and pruning on plant growth, yield and fruit quality of hot pepper grown in an NFT system. Journal of Agricultural Science and Technology, 22: 1537-1550.

Alexandre, E.M., Brandão, T.R., Silva, C.L. 2012. Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. Journal of Food Engineering, 108(3): 417-426.

Ghatge, P.U., Kulkarni, D.N., Rodge, A.B., Kshirsagar, R.B. 2005. Studies on post-harvest treatments for increasing storage life of pomegranate. Journal of Soils and Crops, 15(2): 319-322.

Mahajan, P.V., O.J. Caleb, Z. Singh, C.B. Watkins and M. Geyer. 2014. Postharvest treatments of fresh produce. philosophical transactions of the royal society A impact factor, 372:1471- 2962.

Mangaraj, S., T.K. Goswami and P.V. Mahajan. 2009. Application of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review, 1:133-158.

Porat, R., Weiss, B., Fuchs, Y., Sandman, A., Ward, G., Kosto, I. 2008. Keeping quality of pomegranate fruit during prolonged storage and transport by MAP: new developments and commercial applications. Acta horticulturae, (804):115-120.

Sarkhosh, A., Zamani, Z., Fatahi, R., Ghorbani, H., Hadian, J.A. 2007. A review on medicinal characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.). Journal of Medicinal Plants, 2(22): 13-24.

Seymour, I.J., Burfoot, D., Smith, R.L., Cox, L.A., Lockwood, A. 2002. Ultrasound decontamination of minimally processed fruits and vegetables. International Journal of Food Science & Technology, 37(5): 547-557.

Shaarawi, S.A., Nagy, K.S. 2017. Effect of modified atmosphere packaging on fruit quality of "Wonderful" pomegranate under cold storage conditions. Middle East Journal of Agriculture Research, 6(2): 495-505.

Wei, Y.X. 2010. Effect of postharvest handling on quality, antioxidant acidity and polyamines of green asparagus (Doctoral dissertation, PhD thesis, Zhejiang University).

Combination effect of ultrasonic waves with modified atmosphere packaging on the shelf life and quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) aril Shisheh-kap cultivar

Abstract

In this research, the effect of ultrasonic treatment with active and passive modified atmosphere packaging (MAP) on the anthocyanin content and aril color of pomegranate fruit of Shisheh-kap cultivar has been investigated. For this purpose, a laboratory scale ultrasonic bath was used. Ultrasonic waves were applied to the samples at a constant frequency at three times level of 5, 10, and 15 minutes in a completely randomized design and traits were measured after 21 days of storage at 4 °C. The results showed that stored fruit in the low-permeability polyethylene bags in the form of an active modified atmosphere had the lowest amount of anthocyanin reduction compared to fruit stored in the passive atmosphere. Also, the use of ultrasound waves between control and treated samples showed a significant difference, as the highest amount of anthocyanin content was obtained in active MAP and at time of 5 minutes. Examination of the results of Aryl paint components also showed that the amount of redness of Aryl paint is affected by the interference of ultrasonic treatments and the type of packaging and has a redder color than the control samples. In general, it can be concluded that 5 or 10minute ultrasound treatment with vacuum packaging had the best results between the treatments.

***Keywords*:** Anthocyanin, Modified Atmosphere Packaging, Pomegranate, Ultrasonic waves