



بررسی اثر تیمارهای فرابنفش و فراصوت بر عمر پس از برداشت میوه انبه رقم لانگرا

حسن شرکایی<sup>۱</sup>، عبدالمجید میرزاعلیان دستجردی<sup>۲\*</sup>، مصطفی قاسمی<sup>۳</sup>، سمیه رستگار<sup>۴</sup>

۱- دانش آموزته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان.

۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۳- هیئت علمی بخش زراعی باغی. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران.

۴- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس.

چکیده

اطلاعات مقاله

به منظور افزایش کیفیت و عمر انباری میوه‌های انبه رقم لانگرا، آزمایشی به صورت فاکتوریل با سه فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار (هر تکرار ۱۸ میوه) انجام شد. میوه‌های انبه در مرحله سبز بالغ از یک باغ تجاری انبه در شهرستان رودان استان هرمزگان برداشت شدند. فاکتور اول پرتوتابی اشعه فرابنفش (UV-C) با شدت ۲۵ وات در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ دقیقه)، فاکتور دوم پرتوتابی فراصوت (اولتراسونیک) با فرکانس ۳۵ کیلوهرتز و توان ۲۸۰ وات در سه سطح (۰، ۳ و ۶ دقیقه) و فاکتور سوم زمان انبارمانی در پنج سطح (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز) بودند. میوه‌ها پس از تیمار با نسبت‌های ذکر شده از UV-C و فراصوت به سردخانه با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰-۸۵ درصد منتقل شدند و نمونه‌گیری و اندازه‌گیری‌ها در زمان‌های مختلف انجام شد. تیمارهای فرابنفش و فراصوت از افزایش  $L^*$  (روشنایی)،  $a^*$ ،  $b^*$  گوشت میوه و pH و کاهش اسید آسکوربیک میوه با گذشت زمان ممانعت کردند. در تیمارهای فراصوت، بیشترین آسکوربیک اسید (۱۱/۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) در پرتوتابی فراصوت سه دقیقه مشخص شد. در تیمارهای فرابنفش نیز کاهش اسید آسکوربیک با گذشت زمان کمتر از شاهد بود اما بین پرتوتابی پنج و ده دقیقه تفاوت معنی‌دار نبود. تیمار فراصوت ۶ دقیقه از کاهش معنی‌دار وزن میوه جلوگیری کرد. در روز ۴۰ انبارمانی، کمترین مقدار  $L^*$  گوشت میوه (۸۹/۴۴) متعلق به تیمار فرابنفش پنج دقیقه بود. بنابراین طی ۴۰ روز انبارمانی میوه انبه، تیمار فرابنفش به مدت پنج دقیقه به دلیل حفظ ظاهر میوه ( $L^*$ ) و تیمار فراصوت سه دقیقه به دلیل داشتن بیشترین اسید آسکوربیک میوه انبه قابل توصیه می‌باشند.

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۶

کلمات کلیدی:

پرتودهی،

صفات کیفی،

عمر انباری،

ارزش غذایی،

فرازگرا

DOI: 10.22034/FSCT.21.147.16.

مسئول مکاتبات: \*

majiddastjerdy@gmail.com

mostafaghaseemi1417@gmail.com

## ۱- مقدمه

انبه یکی از مهم‌ترین میوه‌های گرمسیری جهان است که دارای ارزش غذایی بالا و در زمره میوه‌های مهم صادراتی دنیا به‌شمار می‌رود. تولید انبه در آسیا ۷۲/۹ درصد از تولید جهانی است و هند بزرگ‌ترین تولید کننده این محصول در جهان است که بیش از ۳۹ درصد از مجموع تولید جهانی را دارد. براساس آمار سازمان خوار و بار و کشاورزی ملل متحد، میزان کل تولید انبه در جهان حدود ۴۲/۷ میلیون تن بوده است [۱]. سطح کل زیر کشت بارور و میزان کل تولید انبه در ایران در سال ۱۴۰۰ به ترتیب ۲۱۴۶ هکتار و ۲۳۶۲۷ تن گزارش شده است [۲].

از آنجایی که میوه انبه فرازگرا<sup>۱</sup> است [۳]، می‌تواند مراحل رسیدن خود را پس از برداشت کامل کند. برداشت در مرحله رسیده (کاملاً زرد) به علت نرمی بافت میوه، سبب حساسیت میوه به صدمات فیزیکی در هنگام نگهداری و حمل و نقل و همچنین کاهش فرصت عرضه محصول به بازار، به‌ویژه بازارهای دوردست می‌شود [۴]. بنابراین در مناطق تولید تجاری انبه در جهان، میوه‌ها در مرحله سبز رسیده و یا در ابتدای مرحله تغییر رنگ برداشت و در شرایط مناسب نگهداری می‌شوند و در صورت لزوم تیمارهای پس از برداشت اعمال می‌شود. دمای مناسب نگهداری میوه انبه بین ۱۰ الی ۱۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ۹۰-۹۵ درصد پیشنهاد شده است. در این شرایط کیفیت میوه به مدت ۲ تا ۴ هفته حفظ می‌شود [۴].

تغییر رنگ ظاهری میوه انبه در نتیجه چروکیدگی و کاهش تازگی و طراوت میوه یکی از مشکلات اصلی کاهش عمر پس از برداشت میوه‌های انبه در طی نگهداری در انبار می‌باشد [۵]. امروزه استفاده از ترکیبات شیمیایی در جهت افزایش ماندگاری محصولات باغبانی و کنترل بیماری‌های پس از برداشت به دلیل ملاحظات زیست محیطی محدود شده است و روش‌های مدرن نگهداری صنعتی میوه‌ها مانند روش‌های غیرحرارتی به سرعت در حال گسترش می‌باشند.

روش‌های غیرحرارتی، ماده غذایی را بدون اعمال حرارت محافظت می‌کنند، لذا از تغییر کیفیت محصول به‌وسیله گرما جلوگیری می‌کنند [۶ و ۷]. پرتو فرابنفش یک نوع تابش غیریونیزه با طول‌موج ۴۰۰-۱۰۰ نانومتر است که خود به سه نوع UV-A با طول‌موج ۳۱۵-۴۰۰ نانومتر، UV-B با طول‌موج ۲۸۰-۳۱۵ نانومتر و UV-C با طول‌موج ۲۵۱-۲۰۱ نانومتر تقسیم می‌شود [۸]. پرتو UV-C در طول موج ۲۵۱-۲۰۱ نانومتر بیشترین اثر را بر باکتری، ویروس، پروتوزوا، قارچ و جلبک دارد. این اشعه توسط پروتئین و اسیدهای نوکلئیک جذب می‌شود و تغییرات فتوشیمیایی که توسط آن ایجاد می‌گردد ممکن است سبب مرگ سلول شود [۹]. از تابش UV-C در محصولات از جمله هویج [۱۰]، فلفل سبز [۱۱]، توت‌فرنگی و گیلاس [۱۲]، کلم بروکلی [۱۳] و انبه [۱۴] برای حفظ کیفیت، به تأخیر انداختن پیری و کنترل پوسیدگی انباری استفاده شده است. این تابش علاوه بر خاصیت ضد میکروبی، باعث القای تنش بیولوژیک و در نتیجه تجمع ترکیبات فیتوالکسین، تحریک مکانیزم‌های دفاعی، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و تغییر در دیواره سلولی بافت‌های گیاهی می‌شود که این تغییرات منجر به حفظ سلامتی بافت می‌شوند [۶ و ۱۴]. در تحقیق گونزالس آگویلار و همکاران [۱۴]، اثر پرتو تابشی UV-C روی میوه انبه رقم هادن نشان داد میوه‌ها در تیمارهای ۵ و ۱۰ دقیقه در مقایسه با تیمار شاهد کمترین پوسیدگی، کاهش آلودگی قارچی و همچنین بازار پسندهی بالاتری در طی دوره انبارمانی برخوردار بودند، به طوری که تیمار ۱۰ دقیقه نسبت به ۵ دقیقه بیشترین تاثیر روی افزایش عمر پس از برداشت میوه‌ها داشت. تابش نور UV-C با دوز ۶/۶ کیلوژول در متر مربع، افزایش شاخص رسیدن و از بین رفتن سبزی پوست میوه انبه را در طول انبارمانی به تأخیر انداخت [۱۵].

رنگ پوست، اندازه و عدم صدمات مکانیکی و بیماری انتخاب و به‌خوبی تمیز شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد اجرا قرار گرفت. فاکتور اول اشعه UV-C با طول موج ۲۵۴ نانومتر در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ دقیقه)، فاکتور دوم پرتوتابی فراصوت در سه سطح (۰، ۳ و ۶ دقیقه) و فاکتور سوم زمان انبارمانی در پنج سطح (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز) بودند. میوه‌ها ابتدا در معرض تیمار فراصوت با فرکانس ۲۸ کیلو هرتز و توان ۲۸۰ وات قرار گرفتند و بلافاصله پرتوتابی اشعه UV-C با شدت ۲۵ وات روی آنها اعمال شد. میوه‌ها پس از تیمار با نسبت‌های یادشده از پرتوهای فراصوت و UV-C در ظروف پلاستیکی تهویه دار قرار گرفتند و به سردخانه با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵-۸۰ درصد منتقل شدند. هر ظرف یا تکرار دارای ۱۸ عدد میوه بود [۶، ۲۵ و ۲۶]. اندازه‌گیری پارامترهای کاهش وزن میوه، سفتی، پارامترهای رنگی از قبیل میزان  $L^*$  (درجه روشنایی)،  $a^*$  (درجه قرمزی) و  $b^*$  (درجه زردی)، قند، اسید قابل تیتر، اسید آسکوربیک و فنل کل در زمان‌های انبارمانی ذکرشده انجام شد.

## ۲-۱- کاهش وزن میوه

برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن میوه، از فرمول زیر استفاده شد [۲۷]:

$$WL (\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

که در آن  $WL$  کاهش وزن،  $W_1$  وزن اولیه میوه قبل از انبار (گرم) و  $W_2$  وزن میوه در مراحل انباری (گرم) می‌باشد.

## ۲-۲- اندازه‌گیری سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه پترومتر یا نفوذسنج مدل FT-327 با پروب ۱۰ میلی‌متر در ناحیه استوایی میوه

استفاده از امواج فراصوت نیز یکی از روش‌های غیرحرارتی است که باعث افزایش عمر مفید میوه‌های تازه در طول دوره ذخیره‌سازی می‌شود [۱۶ و ۱۷]. فرکانس اصلی آن بین ۲۰ کیلوهرتز تا ۱۰۰ مگاهرتز می‌باشد و برای انسان قابل شنیدن نمی‌باشد [۱۷]. استفاده از تیمار فراصوت به‌عنوان یک تیمار فیزیکی نه‌تنها باعث از بردن میکروب‌های روی سطح میوه می‌شود بلکه باعث غیرفعال سازی میکروارگانسیم‌ها و افزایش ماندگاری میوه می‌شود. مطالعات نشان داده که تیمار فراصوت سبب حذف باکتری‌ها، کپک‌ها و مخمرها و در نتیجه افزایش عمر انباری و حفظ کیفیت میوه انگور [۱۸]، توت‌فرنگی [۱۹]، لیچی [۲۰]، آلو [۲۱ و ۲۲] و هلو [۱۷ و ۲۳] شده است. در تحقیقی اثر پرتوتابی فراصوت با فرکانس ۲۵ مگاهرتز روی خصوصیات بیوشیمیایی میوه انبه طی ۳ هفته در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۰ درصد بررسی شد. نتایج نشان داد تیمار فراصوت در مقایسه با شاهد کمترین پوسیدگی و فساد میوه‌ها را نشان داد و همچنین میوه‌ها از بازار پسندی بالاتری در طی دوره انبارمانی برخوردار بودند [۲۴]. تیمار ترکیبی فراصوت و اسیدسالیسیلیک نیز برای کاهش پوسیدگی هلوی ذخیره شده در ۲۰ درجه سانتی‌گراد تاثیرگذار بود [۲۳]. با توجه به اهمیت میوه انبه در جنوب ایران و عمر انباری کم آن و فقدان مطالعات پرتوتابی روی عمر انباری انبه رقم لانگرا به‌عنوان رقمی تجاری در جنوب کشور، این آزمایش با هدف بررسی اثرات پرتوتابی UV-C و فراصوت به‌عنوان تیمارهای بی‌خطر و موثر بر خواص کیفی و عمر انبارمانی این رقم انبه انجام شد.

## ۲-مواد و روش‌ها

میوه‌های انبه در سال ۱۳۹۵ در مرحله سبز بالغ از درختان انبه رقم لانگرا در یک باغ تجاری در شهرستان رودان استان هرمزگان برداشت شدند. میوه‌ها بلافاصله پس از برداشت، به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه هرمزگان منتقل شدند. تعداد ۲۴۳۰ میوه یکنواخت از نظر

که در آن TA درصد اسید قابل تیتر بر حسب اسید سیتریک، V میلی لیتر سود مصرف شده در تیتراسیون، N نرمالیه سود که برابر ۰/۱ است، meq نیز وزن اکسی‌والان اسید غالب میوه انبه (اسید سیتریک) است که برابر ۰/۶۷ می‌باشد و Y میلی لیتر حجم آب میوه است.

## ۲-۶- اسید آسکوربیک

برای تعیین میزان اسید آسکوربیک، مقدار یک میلی لیتر از آب میوه با پنج میلی لیتر متافسفریک مخلوط شد و پس از سه دقیقه سانتیفریوژ، محلول رویی برداشته و با ایندوفنل تیتر شد. ظهور رنگ ارغوانی نشان‌دهنده پایان تیتراسیون بود. عدد مربوط به میزان ایندوفنول مصرفی یادداشت و در فرمول زیر قرار داده شد تا میزان اسید آسکوربیک تعیین گردد.

$$AA = (V \times F \times Y \times 100) / (W \times T)$$

که در آن AA میزان اسید آسکوربیک در هر ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه است، V میلی لیتر ایندوفنل مصرف شده در تیتراسیون، F عامل ایندوفنل که برای محلول استاندارد اسید آسکوربیک برابر با ۰/۲۵ است، Y میلی لیتر حجم مخلوط میوه و اسید متافسفریک که برابر با شش بود، W گرم وزن نمونه که برابر با یک بود و T میلی لیتر حجم نمونه برای تیتراسیون که برابر با پنج بود [۳۱].

## ۲-۷- فنل کل

محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین-سیوکالتیو و با استفاده از روش اندازه‌گیری سینگلتن و روزی<sup>۴</sup> [۳۲] اندازه‌گیری شد. ۰/۵ گرم از بافت میوه صاف شده با سه میلی لیتر متانول ۸۵ درصد هموژنیزه شد و ۳۰۰ میکرولیتر از آن با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق شده (۱۰ درصد) ترکیب گردید. پس از پنج دقیقه، ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات

پس از جدا کردن پوست اندازه‌گیری شد. سفتی بافت براساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ نوک میله در میوه برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع بیان گردید.

## ۲-۳- رنگ گوشت و پوست میوه

پارامترهای رنگی از قبیل میزان L\* (درجه روشنایی)، a\* (درجه قرمزی) و b\* (درجه زردی) توسط دستگاه رنگ‌سنج<sup>۲</sup> (Minolta CR400, Japan) در سه نقطه از هر میوه تعیین شد [۲۸]. شاخص L\* بیانگر روشنایی یا تیرگی رنگ می‌باشد (۰=سیاه و ۱۰۰=سفید). a\* بیانگر محوری است که از رنگ سبز (-a) به رنگ قرمز (+a) و b\* بیانگر محوری است که از رنگ آبی (-b) به زرد (+b) طی می‌کند.

## ۲-۴- مواد جامد محلول

میزان مواد جامد محلول با استفاده از قندسنج<sup>۳</sup> دیجیتال مدل DBR95 و براساس انکسار نور تعیین و نتایج به صورت درجه بریکس بیان شد [۲۹].

## ۲-۵- اسید قابل تیتراسیون (TA)

اسید قابل تیتر، بر اساس اسید آلی غالب میوه اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان اسید قابل تیتر، مقدار ۵ میلی لیتر عصاره با ۴۵ میلی لیتر آب مقطر مخلوط و ۳-۴ قطره فنیل-فتالین به آن اضافه شد. سپس عمل تیتراسیون با استفاده از بورت حاوی سود (هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال) انجام گردید. ظهور رنگ صورتی نشان‌دهنده پایان تیتراسیون می‌باشد. عدد مربوط به میزان سود مصرفی را یادداشت نموده و در فرمول زیر قرار داده تا میزان اسید قابل تیتراسیون تعیین گردد [۳۰].

$$TA (\%) = [(V \times N \times \text{meq}) / Y] \times 100$$

### ۳-۱- درصد کاهش وزن میوه

اثرات ساده فراصوت، زمان نگهداری و اثر برهمکنش فراصوت و زمان بر درصد کاهش وزن میوه در سطح یک درصد معنی دار بود، ولی اثر ساده فرابنفش و اثر برهمکنش فرابنفش و فراصوت، اثر برهمکنش فرابنفش در زمان و اثر برهمکنش فرابنفش، فراصوت و زمان بر این شاخص معنی دار نبود. مقایسه میانگین اثر برهمکنش فراصوت و زمان نشان داد اگرچه با افزایش زمان نگهداری، میزان کاهش وزن میوه افزایش می‌یابد، در همه زمان‌ها میوه‌های تیمار شده با فراصوت میزان کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد نشان دادند. در زمان ۴۰ روز انبارمانی، تفاوت هر سه سطح فراصوت معنی دار بود (شکل ۱).

سدیم ۷ درصد به آن اضافه گردید و پس از ۹۰ دقیقه قرار گرفتن روی شیکر، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و با مقایسه با منحنی استاندارد اسید گالیک در غلظت های ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، محتوای فنل کل براساس میلی‌گرم اسید گالیک در گرم محاسبه گردید.

داده‌ها توسط نرم افزار MSTATC آنالیز و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری پنج درصد ارزیابی شدند.

### ۳-نتایج و بحث

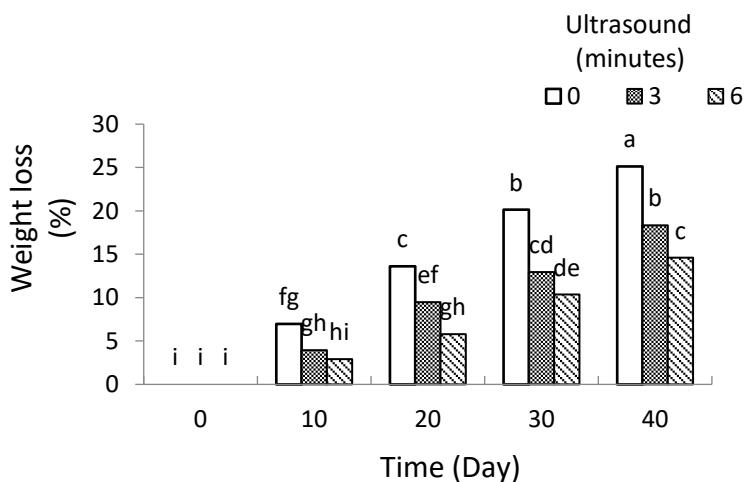


Fig 1 Interaction effect of ultrasound treatments and time on mango fruit weight loss

کاهش معنی دار شاخص از دست‌دهی آب قارچ تکمه‌ای در تمام روزهای انبارمانی (۳، ۶ و ۹ روز) شده است. این ممکن است به دلیل مهار آنزیم‌ها و فعالیت آب داخل سلول و کاهش متابولیسم تنفس توسط تیمار فراصوت باشد [۳۴]. مظفر و همکاران [۳۵] گزارش دادند که تیمار فراصوت می‌تواند موجب غیرفعال شدن آنزیم‌های درگیر در تجزیه پلی-ساکاریدهای دیواره سلولی و تیغه میانی بین سلول‌ها شود.

تیمار فراصوت ۴۰ کیلوهرتز با توان ۳۵۰ وات به مدت ۸ دقیقه، درمقایسه با شاهد موجب کاهش معنی دار شاخص از دست‌دهی آب میوه موز پس از ۱۰ روز انبارمانی شده است. تیمار فراصوت از طریق حفظ یکپارچگی غشاء و با کاهش پراکسیداسیون غشاء منجر به کنترل کاهش وزن میوه شده است [۳۳]. تیمار فراصوت با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز و توان ۴۰۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه نسبت به شاهد موجب

برهمکنش فرابنفش و فراصوت، اثر برهمکنش فرابنفش در زمان، اثر برهمکنش فراصوت در زمان و اثر برهمکنش فرابنفش، فراصوت و زمان بر سفتی معنی دار نبود ( $P \leq 0.05$ ). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش زمان انبارمانی میزان سفتی میوه کاهش چشمگیری داشت (شکل ۲).

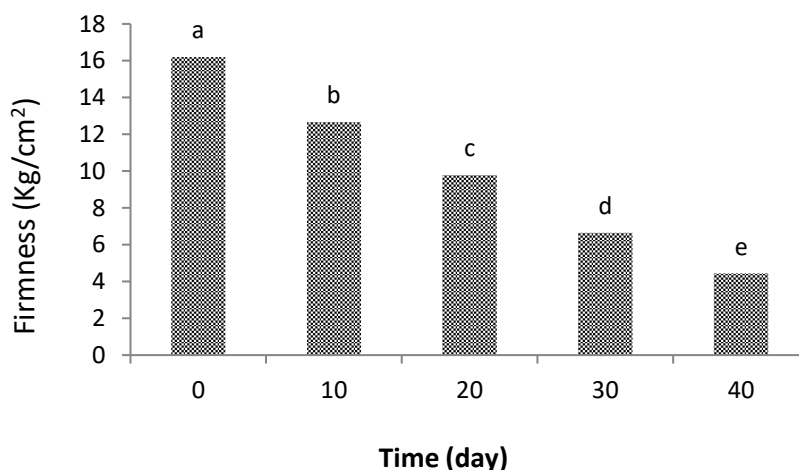
تیمار فراصوت با فرکانس ۳۵ کیلوهرتز و توان ۴۰۰ وات به مدت ۳ دقیقه نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری در سفتی بافت قارچ تکمه‌ای پس از ۷ روز انبارمانی نداشت [۴۰]. البته گزارش‌هایی هم وجود دارد که نشان می‌دهد کاربرد UV-C باعث تاخیر در دپلمیریزاسیون دیواره سلولی، مهار فعالیت هیدرولازهای دیواره سلولی مانند پلی‌گالاکتوروناز و پکتین متیل استراز و در نتیجه بازدارندگی از نرم شدن میوه می‌شود [۴۱ و ۴۲]. تأثیر نور UV-C با دوز ۶۶ کیلوژول در متر مربع بر کیفیت پس از برداشت میوه انبه مورد بررسی قرار گرفت و تابش UV-C به‌طور موثر سفتی میوه را حفظ کرد [۱۵].

جاکلین و همکاران [۳۶] گزارش دادند که تیمار فراصوت می‌تواند باعث ایجاد اختلال در پیوند هیدروژنی و واندروالسی در زنجیره‌های پلی‌پتیدی شود که ساختار ثانویه و سوم پروتئین‌ها را تغییر می‌دهد و فعالیت‌های بیولوژیکی آنزیم‌ها از بین می‌رود.

چن و همکاران [۳۷] گزارش کردند که تیمار فراصوت به دلیل تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فعال از نظر زیستی، پراکسیداسیون لیپیدی و اختلال عملکرد غشای گیاه را کاهش می‌دهد. ژی و همکاران [۳۸] گزارش کردند که تیمار فراصوت باعث تقویت ساختار دیواره سلولی و کاهش پراکسیداسیون غشایی میوه عناب در طول دوره نگهداری شد. لاگنیکا و همکاران [۳۹] نیز گزارش کردند که تیمار فراصوت کاهش در وزن قارچ خوراکی را در طی ذخیره‌سازی در انبار به‌تأخیر انداخت.

### ۳-۲- میزان سفتی بافت میوه

نتایج نشان داد که تنها اثر ساده زمان بر میزان سفتی بافت میوه معنی‌دار بود و اثر تیمار فرابنفش، فراصوت، اثر



**Fig. 2** Main effect of storage duration on firmness of mango fruit flesh

## ۳-۳- رنگ میوه

نتایج نشان داد اثر برهمکنش تیمارهای فرابنفش، فراصوت و زمان بر همه پارامترهای رنگی شامل  $L^*$  (درجه روشنایی)،  $a^*$  (درجه قرمزی) و  $b^*$  (درجه زردی) در سطح یک درصد معنی دار بود ( $P \leq 0.01$ ).

هم‌زمان با افزایش مدت نگهداری میوه انبه رقم لانگرا از روز صفر انبارمانی تا روز ۴۰، میزان  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  گوشت میوه انبه افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد  $L^*$  یا روشنایی (یا سفیدی) گوشت با گذشت زمان افزایش یافت، یعنی از تیرگی میوه کاسته شد و روشنایی آن افزایش پیدا کرد. تیمارهای فرابنفش و فراصوت نیز از افزایش روشنایی ممانعت کردند. در روز ۴۰ انبارمانی، کمترین مقدار  $L^*$  گوشت میوه (۸۹/۴۴) متعلق به تیمار فرابنفش پنج دقیقه مشاهده شد (جدول ۱). بیشترین مقدار  $a^*$  یا قرمزی گوشت میوه (۲/۶۸-) نیز متعلق به روز ۴۰ انبارمانی و عدم پرتوتابی به دست آمد. افزایش  $a^*$  گوشت میوه با گذشت زمان نشان داد که از سبزی رنگ میوه کاسته شد و به درجه قرمزی اضافه شد. تیمارهای پرتوتابی هم از افزایش این پارامتر یا کاهش

سبزی میوه ممانعت کردند (جدول ۲). بیشترین مقدار  $b^*$  یا زردی گوشت میوه (۴۴/۷۲) نیز متعلق به روز ۴۰ انبارمانی و عدم پرتوتابی بود که نشان می‌دهد پرتوتابی از افزایش این پارامتر با گذشت زمان ممانعت کرد. براساس نتایج می‌توان گفت با گذشت زمان درجه زردی گوشت میوه افزایش پیدا کرد، اما پرتوتابی از زردی بیشتر میوه ممانعت کردند (جدول ۲).

در یک پژوهش تأثیر نور فرابنفش با دوز ۶/۶ کیلوژول در متر مربع بر کیفیت پس از برداشت میوه انبه رقم Kaew Kamin مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تابش فرابنفش رسیدن و زوال سبزی پوست میوه را طی انبار به تاخیر انداخت اما زردی گوشت میوه تحت تأثیر قرار نگرفت [۱۵]. تعویق در زوال رنگ سبز ممکن است مربوط به کاهش فعالیت کلروفیل اکسیداز و کلروفیل‌از باشد که منجر به کاهش تخریب کلروفیل و حفظ سبزی بافت می‌شود [۱۳]. پژوهش پرومیو و سوپاپوانیچ<sup>۵</sup> [۴۳] در فلفل دلمه‌ای زرد نیز نشان داد که تیمار فرابنفش هیچ تأثیری بر تغییر زردی یا  $b^*$  پوست و گوشت نداشت.

**Table 1.** The effect of UV-C, ultrasound and storage time treatments on  $L^*$  of mango fruit flesh

Treatments		Storage time (day)				
UV-C (minute)	Ultrasound (minute)	0	10	20	30	40
0	0	56.77 w	64.03 r	76.92 l	86.5 h	93.7 c
0	3	54.7 x	61.03 st	74.76m	85.97 hi	92.06 d
0	6	57.73 vw	62.046 s	73.54 mn	86.51 h	91.18 de
5	0	51.7 y	59.86 tu	72.89 n	84.59 ij	90.53 ef
5	3	50.38 z	60.33 t	71.56 o	84.59 ij	89.44 fg
5	6	50 z	60.7 st	70.72 op	84.59 ij	89.55 fg

10	0	58.62 uv	69.9 p	83.68 j	88.44 g	98.47 a
10	3	58.66 uv	68.17 q	80.63 k	86.64 h	97.25 ab
10	6	58.49 uv	66.94 q	80.08 k	89.44 fg	96.02 b

In each column, means with the same letter or letters have no significant difference in Duncan's test ( $P \leq 0.05$ ).

**Table 2.** The effect of UV-C, ultrasound and storage time treatments on  $a^*$  of mango fruit flesh

Treatments		Storage time (day)				
UV-C (minute)	Ultrasound (minute)	0	10	20	30	40
0	0	-10.53 r	-7.38 n	-5.37 f-l	-4.55 b-	-2.68 a
0	3	-12.32 s	-7.38 n	-5.54 g-l	-4.59 c- <sup>h</sup>	-3.37 ab
0	6	-8.99 pq	-7.39 n	-5.66 g-l	-4.61 c- <sup>i</sup>	-3.72 a-c
5	0	-11.19 r	-7.43 n	-5.73 h-l	-4.63 c- <sup>i</sup>	-3.95 b-d
5	3	-10.81 r	-7.43 n	-5.81 i-m	-4.67 c- <sup>i</sup>	-4.1 b-e
5	6	-12.5 s	-7.4 n	-5.91 j-m	-4.7 c-j <sup>i</sup>	-4.17 b-f
10	0	-8.85 opq	-7.76 no	-6.12 k-m	-5 d-k	-4.27 b-f
10	3	-9.4 q	-8.08 non	-6.23 l-m	-5.24 e- <sup>l</sup>	-4.44 b-g
10	6	-10.68 r	-8.08 non	-6.94 mn	-5.27 e- <sup>l</sup>	-4.5 b-h

In each column, means with the same letter or letters have no significant difference in Duncan's test ( $P \leq 0.05$ ).

**Table 3.** The effect of UV-C, ultrasound and storage time treatments on  $b^*$  of mango fruit flesh

Treatments		Storage time (day)				
UV-C (minute)	Ultrasound (minute)	0	10	20	30	40
0	0	23.23 z	31.88 rs	35.78 lm	39.3 fg	44.72 a
0	3	24.046 yz	31.57 st	35.04 mn	39.04 fg	43.76 ab
0	6	24.65 y	32.02 rs	34.9 mn	38.67 gh	43.76 ab
5	0	24.7 y	30.61 tu	34.59 mno	38.1 ghi	43.76 ab
5	3	24.7 y	29.84 uv	34.35 nop	37.77 hij	42.64 bc
5	6	24.78 y	29.83 uv	34.24 nop	37.26 ijkl	41.72 cd



10	0	25.01 y	29.08 vw	33.55 opq	36.31 kl	41.26 de
10	3	24.81 y	28.35 w	33.34 pq	36.54 jkl	40.81 de
10	6	25.84 y	26.46 x	32.94 qr	36.71 jkl	40.1 ef

In each column, means with the same letter or letters have no significant difference in Duncan's test ( $P \leq 0.05$ ).

در تحقیق چن<sup>۶</sup> و همکاران [۲۰]، کاربرد تیمار فراصوت تاثیر معنی داری روی مواد جامد محلول میوه لیچی نداشت. گزارش‌هایی هم از اثرات این تیمارها بر مواد جامد محلول میوه‌ها وجود دارد. در میوه انگور، بیشترین مواد جامد محلول در تیمار فراصوت مشاهده شد [۱۸]. آدای<sup>۷</sup> و همکاران [۴۶] نشان دادند تیمار توت‌فرنگی با فراصوت به مدت ۱۰ دقیقه به‌طور موثر سبب حفظ مواد جامد محلول و یکپارچگی دیواره سلولی شد. ژو<sup>۸</sup> و همکاران [۴۷] پیشنهاد کردند که تیمار فراصوت می‌تواند فرآیند رسیدن و افزایش مواد جامد محلول را با تغییر بیوسنتز اتیلن و مسیرهای سیگنال‌دهی اتیلن به‌تاخیر بیاندازد. عدم تاثیر معنی دار تیمارهای فرابنفش و فراصوت روی مواد جامد محلول انبه در این پژوهش ممکن است ناشی از نامناسب بودن مدت زمان یا شدت پرتوتابی باشد که نیاز به آزمایشات تکمیلی دارد.

### ۳-۴- مواد جامد محلول (TSS)

نتایج نشان داد تنها اثر زمان نگهداری میوه بر مواد جامد محلول معنی دار گردید ( $P \leq 0.01$ )، اما اثرات UV-C، فراصوت و اثرات برهمکنش آنها معنی دار نشد ( $P \leq 0.05$ ). همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش زمان انبارمانی میزان TSS به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. بیشترین تغییراتی که هنگام رسیدن میوه صورت می‌گیرد به شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلیمری خصوصاً قندهای موجود در دیواره سلولی مربوط است که موجب تغییر مزه و تغییر در بافت میوه می‌شود و به‌همین دلیل میزان درصد مواد جامد محلول با رسیدن افزایش می‌یابد. در طی انبار نیز تجزیه قندهای مرکب به قندهای ساده و همچنین شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلیمری از جمله عوامل موثر در افزایش میزان مواد جامد قابل حل میوه میوه‌ها می‌باشد [۴۴ و ۴۵].

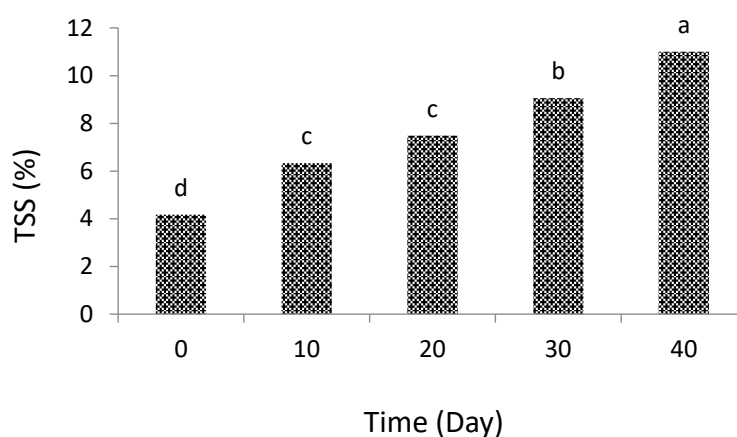


Fig 3 Main effect of storage duration on the amount of TSS of mango fruit

روزهای ۳۰ و ۴۰ انبارمانی، بیشترین pH میوه متعلق به تیمار عدم پرتوتابی بود. کمترین میزان pH (۶/۰۰) نیز در تیمار فرابنفش ۱۰ دقیقه و فراصوت ۳ دقیقه مشاهده شد (جدول ۴). براساس اظهار محققان در اکثر میوه‌ها، طی انبارمانی میزان pH افزایش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. این افزایش pH به دلیل کاهش اسیدهای آلی در طی دوره نگهداری می‌باشد [۴۸]. افزایش pH ممکن است ناشی از کاهش محتوای اسید قابل تیتراسیون در میوه‌ها باشد. تیمارهای فرابنفش و فراصوت می‌تواند به دلیل کاهش تنفس میوه، سبب حفظ اسیدهای قابل تیتر و در نتیجه ممانعت از افزایش pH شود [۴۹، ۵۰ و ۵۱].

### ۳-۵- اسیدیته (pH) آب میوه

اثر ساده فرابنفش، فراصوت، زمان نگهداری، اثر برهمکنش فرابنفش و فراصوت، اثر برهمکنش فرابنفش و زمان انبارمانی و اثر برهمکنش فرابنفش، فراصوت و زمان بر میزان pH آب میوه معنی‌دار شدند. اما اثر برهمکنش فراصوت در زمان معنی‌دار نبود.

براساس نتایج، هم‌زمان با افزایش مدت نگهداری میوه انبه رقم لانگرا از روز صفر تا مدت ۴۰ روز از انبارمانی، میزان pH آب میوه انبه به‌تدریج افزایش یافت. با این حال اثرات فرابنفش و فراصوت تا روز ۲۰ معنی‌دار نبود و از روز سی‌ام معنی‌دار شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در

**Table 4.** The effect of UV-C, ultrasound and storage time treatments on pH of mango fruit flesh

Treatments		Storage time (day)				
UV-C (minute)	Ultrasound (minute)	0	10	20	30	40
0	0	3.48 l	3.85 k	4.43 j	5.68 fg	6.62 a
0	3	3.51	3.77 k	4.4 j	5.45 hi	6.64 a
0	6	3.41	3.84 k	4.56 j	5.63 fgh	6.6 a
5	0	3.48 l	3.85 k	4.53 j	5.56 gh	6.56 a
5	3	3.48 l	3.9 k	4.59 j	5.52 gh	6.61 a
5	6	3.48 l	3.87 k	4.54 j	5.53 gh	6.62 a
10	0	3.48 l	3.86 k	4.51 j	5.3 i	6.1 bc
10	3	3.49 l	3.82 k	4.4 j	5.79 ef	6.00 cd
10	6	3.47 l	3.83 k	4.51 j	5.9 de	6.23 b

In each column, means with the same letter or letters have no significant difference in Duncan's test ( $P \leq 0.05$ ).

در پارامتر اسید قابل تیتراسیون میوه تنها اثر زمان معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) بود و اثر پرتوتابی فرابنفش و فراصوت و اثرات برهمکنش آن‌ها بر اسید قابل تیتراسیون میوه معنی‌دار نبود. هم‌زمان با افزایش مدت نگهداری میوه انبه رقم لانگرا از روز برداشت تا مدت ۴۰ روز انبارمانی، میزان اسید قابل تیتر

### ۳-۶- اسید قابل تیتراسیون

مصرف شده و کاهش می‌یابند [۵۳]. در مطالعه بال<sup>۹</sup> و همکاران [۱۸] پس از ۶۰ روز نگهداری، محتوای اسید قابل تیتراسیون میوه‌های انگور تیمار شده با فراصوت به‌طور معنی‌داری بیشتر از انگور شاهد تیمار نشده بود. به‌نظر می‌رسد تیمار فراصوت از پیشرفت بلوغ فیزیولوژیکی میوه ممانعت می‌کند. برخی از مطالعات همچنین نشان دادند که تیمار با اشعه ماوراء بنفش سرعت تنفس را کاهش داده و سبب حفظ اسید قابل تیتراسیون بالاتری در توت فرنگی [۵۱] و هلو [۵۰] شد.

بافت میوه انبه به تدریج کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار اسید قابل تیتراسیون میوه در روز برداشت میوه (۲/۷۸۵ درصد) و کمترین مقدار پس از ۴۰ روز انبارمانی (۰/۵۹۷ درصد) به‌دست آمد (شکل ۴). کاهش میزان اسید قابل تیتراسیون میوه انبه با افزایش زمان انبارمانی با نتایج جلیلی-مرندی و همکاران [۵۲] روی سیب مطابقت داشت.

میزان اسید قابل تیتراسیون که یک عامل مهم در حفظ کیفیت میوه‌ها می‌باشد به‌طور مستقیم به غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه بستگی دارد [۴۴]. اسیدهای آلی سیتریک و مالیک از مواد مورد مصرف در تنفس هستند که در جریان رسیدن میوه، پس از برداشت و در طول دوره نگهداری میوه فرازگرا

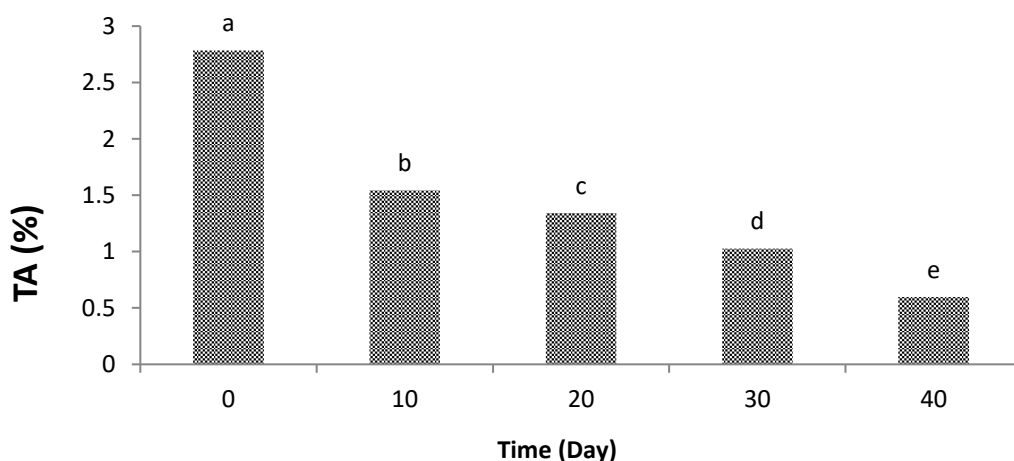


Fig 4 Main effect of storage duration on the content of titratable acid in mango fruit

فراصوت سه دقیقه تفاوت معنی‌داری با شاهد و زمان شش دقیقه نشان داد و موثرتر بود و بیشترین اسید آسکوربیک (۱۱/۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) را نشان داد. اثر برهمکنش فرابنفش و زمان انبارمانی نیز نشان داد اگرچه با گذشت زمان اسید آسکوربیک کاهش می‌یابد اما فرابنفش همانند فراصوت از کاهش اسید آسکوربیک ممانعت کرد. البته بین تیمارهای فرابنفش ۵ و ۱۰ دقیقه تفاوت معنی‌دار نبود. بیشترین اسید آسکوربیک در روز ۴۰ انبارمانی (۵/۶۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) در تیمار فرابنفش ۱۰ دقیقه مشاهده شد.

### ۳-۷- اسید آسکوربیک

در پارامتر اسید آسکوربیک تنها اثر ساده فراصوت، زمان و اثر برهمکنش فرابنفش و زمان معنی‌دار بود اما اثر ساده پرتوتابی فرابنفش، اثر برهمکنش فرابنفش و فراصوت، اثر برهمکنش فراصوت و زمان و اثر برهمکنش فرابنفش، فراصوت و زمان معنی‌دار نبود ( $P \leq 0.05$ ). در شکل‌های ۵ و ۶ به ترتیب اثر ساده فراصوت و اثر برهمکنش فرابنفش در زمان مشاهده می‌شود. اثر ساده فراصوت نشان داد پرتوتابی

همکاران [۵۸] سطوح بالاتر اسید آسکوربیک در پوست آناناس تیمار شده با UV-C را به تاثیر این اشعه بر چرخه آسکورات-گلوتاتیون نسبت دادند، درحالی که ردی<sup>۱۱</sup> و همکاران [۵۹]، همبستگی مثبتی بین کاهش سطح اسید آسکوربیک و افزایش فعالیت آنزیم آسکورات اکسیداز مشاهده کردند. تیمار فراصوت نیز ممکن است با حذف اکسیژنهای فعال بافت و ممانعت از فعالیت بازدارندگی آن-ها، از کاهش اسید آسکوربیک ممانعت کند [۶۰]. علی<sup>۱۳</sup> و همکاران [۶۱]، مقادیر بالاتری از ویتامین C را در گواوا تحت تیمار با فراصوت گزارش کردند. نتیجه مثبت ترکیب پرتوهای UV-C و تیمار انرژی فراصوت ممکن است به حذف اکسیژن محلول لازم برای تخریب ویتامین C مرتبط باشد که توسط کاویتاسیون و کاهش احتمالی فعالیت اکسیداز آسکورات در فرآورده ایجاد می شود [۶۲].

میزان اسید آسکوربیک که یکی از آنتی اکسیدانهای مهم می-باشد به مرور زمان در انبار کاهش می یابد که دلیل آن مصرف اسید آسکوربیک به عنوان دهنده الکترون برای خنثی کردن رادیکالهای آزاد می باشد [۵۴]. همچنین کاهش میزان اسید آسکوربیک می تواند به علت تنفس یا در اثر فعالیت تجزیه ای آنزیم آسکورات اکسیداز باشد [۵۵]. نتایج بارکا<sup>۱۰</sup> [۵۶] روی گوجه فرنگی و جلیلی مرندی و همکاران [۵۲] روی سیب نشان داد که میوه های تیمار شده با اشعه UV-C میزان ویتامین C بیشتری نسبت به شاهد داشتند. گزارش شده تابش نور UV-C موجب تنش در بافت های گیاهی می شود که بیوستز متابولیت های ثانویه دفاعی و فعالیت آنتی اکسیدان ها مانند ویتامین C را تحریک می کند [۵۷]. در انبه نیز حفظ کیفیت انباری و بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی در میوه انبه تازه برش داده شده با استفاده از تابش UV-C نیز گزارش شده است [۱۴]. فریتاس<sup>۱۱</sup> و

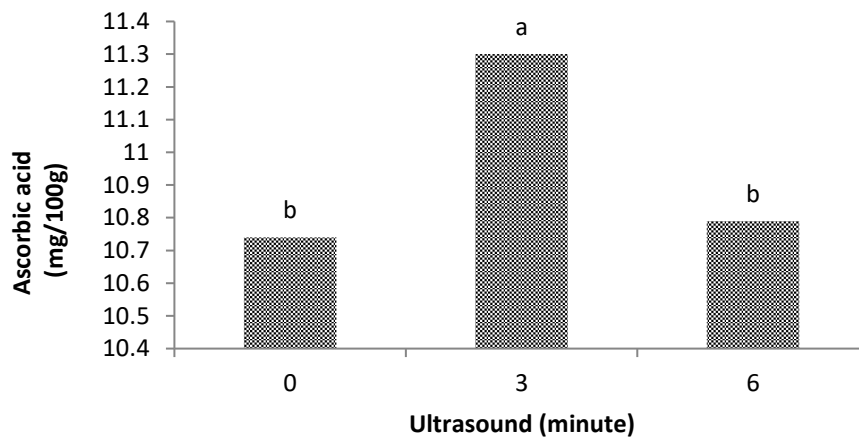
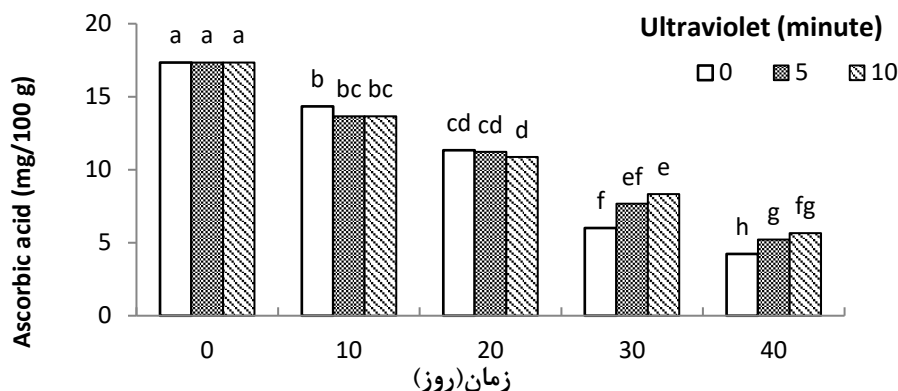


Fig 5 Main effect of ultrasound on the amount of ascorbic acid in mango fruit



**Fig 6** The effect of UV and time on the amount of ascorbic acid in mango fruit

در بررسی براوو<sup>۱۴</sup> و همکاران [۶۵ و ۶۶] تابش فرابنفش سبب افزایش محتوای فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گوجه‌فرنگی شد. مشاهده شد استفاده ترکیبی پرتو فرابنفش و انرژی فراصوت باعث افزایش قابل توجهی در محتوای فنل و ترکیبات فعال زیستی گوجه‌فرنگی در طول دوره ذخیره سازی شد [۶۶]. در مطالعه بال<sup>۱۵</sup> و همکاران [۱۹]، مقدار نسبتاً بالاتری از ترکیبات فنلی در میوه‌های انگور تیمار شده با فراصوت مشاهده شد. افزایش محتوای فنل کل پس از تیمار با فراصوت و فرابنفش را می‌توان به فعال شدن تعدادی از مسیرهای بیوسنتز ترکیبات فنلی و چندین آنزیم کلیدی مانند فنیل‌آلانیل آمونیا لاز<sup>۱۶</sup> (PAL) نسبت داد که سنتز برخی از ترکیبات فنلی مانند فلاونوئیدها، اسیدهای کلروژنیک، کومارین‌ها و فنیل پروپانوئیدها را کاتالیز می‌کنند [۶۷].

### ۳-۸- فنل کل

نتایج نشان داد اثر پرتو تابشی فرابنفش و فراصوت بر میزان فنل گوشت میوه معنی‌دار نبود ( $P \leq 0.05$ ) و تنها اثر زمان بر این پارامتر معنی‌دار بود ( $P \leq 0.01$ ). همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود گذشت زمان باعث کاهش میزان فنل کل گردید.

ترکیبات فنلی گروه مهمی از متابولیت‌های ثانویه هستند که به میزان زیادی بر کیفیت محصولات و طعم آنها مانند گسی، تلخی، طعم و رنگ تاثیر می‌گذارند. ترکیبات فنلی به میزان زیادی ناپایدار هستند و در طی دوره انبارمانی دچار تغییرات می‌شوند. گزارش‌های مختلف نشان می‌دهد میزان ترکیبات فنلی میوه‌ها همزمان با پیشرفت رسیدن میوه کاهش می‌یابد [۱۳] که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

مطابق این پژوهش اثر تیمار فرابنفش بر محتوای فنل میوه بلوبری رقم Collins نیز اثر معنی‌داری نداشت [۶۳]. اما

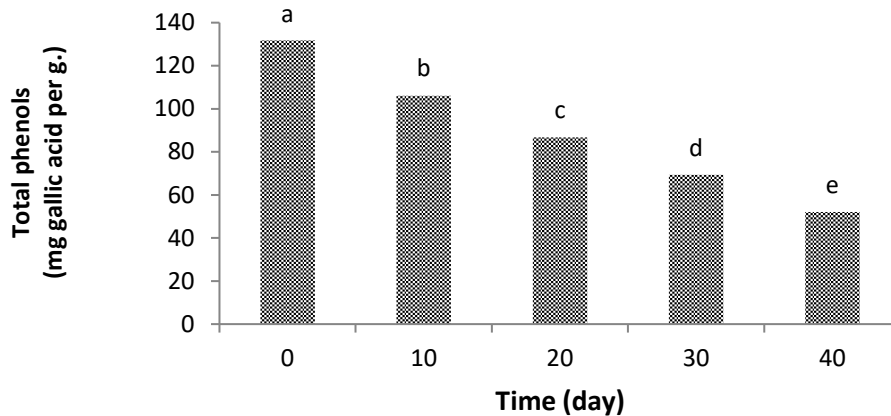


Figure 7. Main effect of storage duration on the amount of phenol in mango fruit

فراصوت نیز ممکن است با حذف اکسیژن‌های فعال بافت، ممانعت از فعالیت بازدارندگی آنها و کاهش تنفس، از کاهش اسید آسکوربیک ممانعت کند. بنابراین تیمار فرابنفش به مدت پنج دقیقه به دلیل حفظ ظاهر میوه و تیمار فراصوت سه دقیقه به دلیل داشتن بیشترین اسید آسکوربیک برای افزایش کیفیت انبارمانی میوه انبه رقم لانگرا قابل توصیه می‌باشند.

#### ۵- سپاس‌گزاری

بدینوسیله از دانشگاه هرمزگان جهت حمایت مالی از این پروژه تشکر می‌شود.

#### ۴- نتیجه‌گیری کلی

استفاده از پرتوهای فرابنفش و فراصوت از جمله روش‌های غیرشیمیایی کنترل بیماری‌ها و افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه و سبزی‌ها می‌باشد. در این پژوهش طی ۴۰ روز انبارمانی میوه انبه، تیمار فرابنفش به مدت پنج دقیقه سبب حفظ ظاهر میوه و تیمار فراصوت سه دقیقه سبب بیشترین اسید آسکوربیک میوه شد. تعویق در زوال رنگ سبز و حفظ ظاهر میوه با تیمار فرابنفش ممکن است مربوط به کاهش فعالیت کلروفیل اکسیداز و کلروفیلاز باشد که منجر به کاهش تخریب کلروفیل و حفظ سبزی بافت می‌شود. تیمار

#### ۶- فهرست منابع

- [1] FAO STAT. 2021. FAO Statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <http://faostat.fao.org/>.
- [2] Anonymous. 2021. Surface cultivation statistics and production and yield of mango products in Iran. Ministry of Agriculture. [in Persian].
- [3] Prasanna, V., Prabha, T. N. and Tharanathan, R. N. 2007. Fruit Ripening Phenomena—An Overview. Food Science and Nutrition, 47, 1–19.
- [4] Mirzaalian-dastjerdi, A. M., Kalantari, S., babalar M. Zamani, Z. 2013. Effects of Maturity Stage and Storage Temperature on the Quality of 'Langra' Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit. Iranian Journal of Horticultural Science. 44(1): 43-59.
- [5] Rastegar, S. and Gholamshahipour, H. 2017. Effect of postharvest treatment with putrescine and nitric oxide on some quality attributes of mango fruit. Research in Pomology, 2(1): 1, 1-14 [in Persian].
- [6] Khaleghi A, Dadbin E, Asghari Marjanlou A. 2019. The Effect of UV-C Irradiation on Rot Control and Postharvest Quality of Greenhouse Tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Newton). Journal of Statistical Planning and Inference, 10 (3) :13-22 [in Persian].
- [7] Liu, C., Cai, L., Han, X. and Ying, T. 2011. Temporary effect of postharvest UV-C irradiation on gene expression profile in tomato fruit. Gene, 486: 56–64.

- [8] McKenzie, R.L., Björn, L.O., Bais, A. and Ilyasd, M. 2003. Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 2:5–15.
- [9] Gonzalez-Aguilar, G.A., Ayala-Zavala, J., Olivas, G., de la Rosa, L. and Álvarez-Parrilla, E. 2010. Preserving quality of fresh-cut products using safe technologies. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5(1):65-72.
- [10] Mercier, J., Roussel, D., Charle, M.T. and Arul, J. 2000. Systemic and local response associated with UV-C and pathogen-induced resistance to *Botrytis cinerea* in stored carrot. *Phytopathology*, 90(9): 981–986.
- [11] Mercier, J., Baka, M., Reddy, B., Corcuff, R. and Arul, J. 2001. Shortwave ultraviolet irradiation for control of decay caused by *Botrytis cinerea* in bell pepper: Induced resistance and germicidal effects. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126: 128–133.
- [12] Marquenie, D., Michiels, C.; Geeraerd, A.; Schenk, A.; Soontjens, C.; Van Impe, J. and Nicolai, B. 2002. Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. *International Journal of Food Microbiology*, 73(2-3): 187-196.
- [13] Costa, L., Vicente, R.A., Civello, P.M., Chaves, A.R. and Martinez, G.A. 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 204–210.
- [14] Gonzalez-Aguilar, G.A., Zavaleta-Gatica, R. and Tiznado-Hernandez, M.E. 2007. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 45(1):108-116.
- [15] Promyou, S. and Supapvanich, S. 2016. Physicochemical Changes in 'Kaew Kamin' Mango Fruit Illuminated with Ultraviolet-C (UV-C) during Storage. *Journal of Agricultural Science and Technology (JAST)*. 18: 145-154.
- [16] Ercan, S.S. and Soysal, C. 2013. Use of ultrasound in food preservation. *Natural Science*, 8 (2): 5-13.
- [17] Bal, E. 2013. Effects of exogenous polyamine and ultrasound treatment to improve peach storability. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73 (4): 435-440.
- [18] Bal, E., Kok, D. and Torcuk, A I. 2017. Postharvest putrescine and ultrasound treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Michele Palieri. *Journal of Central European Agriculture*, 18(3): 598-615.
- [19] Cao, S., Hu, Z., Pang, B., Wang, H., Xie, H. and Wu, F. 2010. Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest. *Food Control*, 21 (4), 529-532.
- [20] Chen, Y., Jiang, Y., Yang, S., Yang, E., Yang, B. and Prasad, K.N. 2012. Effects of ultrasonic treatment on pericarp browning of postharvest litchi fruit. *Journal of Food Biochemistry*, 36:613-620.
- [21] Chen, Z., Zhu, C. 2011. Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 61: 117-123.
- [22] Bal, E. 2016. Effect of postharvest calcium chloride and ultrasound treatments on storage period and fruit quality of modified atmosphere packed fruit in plum cv. Santa Rosa. *Fruit Science*, 1:12-18.
- [23] Yang, Z.F., Cao, S.F., Cai, Y.T. and Zheng, Y.H. 2011. Combination of salicylic acid and ultrasound to control postharvest blue mold caused by *Penicillium expansum* in peach fruit. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12:310-314.
- [24] Valente M. and Didier, L. 2013. Changes of ultrasound characteristics of mango juice during fruit ripening. In: International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng 2012, Valencia, Spain, July 8-12, 2012. CIGR; EurAgEng; Agro Ingenieria. s.l.: s.n., 6 p. International Conference of Agriculture Engineering, Valence, Espagne, 8 July 2012/12 July 2012.
- [25] Bolton, J. R. and Linden, K. G. 2003. Standardization of methods for fluence (UV dose) determination in bench-scale UV experiments. *Journal of Environmental Engineering*, 129, 209–215.
- [26] Kek, S.P., Chin, N.L. and Yusof, Y.A. 2013. Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatments in convective drying of guava slices. *Food and Bioproducts Processing*, 91: 495–506.
- [27] Hosseini Farahi, M. and Haghanifard, Z. 2017. Effects of aloe vera gel, salicylic acid and hot water on fruit decay and quality properties of sweet lemon fruit during storage. *Journal of Crop Production and Processing*, 7 (3): 63-78.
- [28] Pek, Z., Helyes, L. and Lugasi, A. 2010. Color changes and antioxidant content of vine and postharvest ripened tomato Fruits. *Horticultural Science*, 45:466-468.
- [29] Etemadipoor, R., Mirzaalian Dastjerdi, A., Ramezani, A. and Ehteshami, S. 2020. Ameliorative effect of gum arabic, oleic acid and/or cinnamon essential oil on chilling injury and quality loss of guava fruit. *Scientia Horticulturae*, 266: 109255. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109255
- [30] Roussos, P.A., Sefferou, V., Denaxa, N.K., Tsantili, E. and Stathis, V. 2011. Apricot (*Prunus*

- armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load. *Scientia Horticulturae*, 129(3), 472-478.
- [31] Ahmad A., Hayat S. and Ali, B. 2007. Salicylic acid: Biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. In: *Salicylic Acid – A Plant Hormone*, Springer, 1: 1-14.
- [32] Singleton, V.L. and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3): 144-158.
- [33] Khademi, O., Ashtari, M. and Razavi, F. 2019. Effects of salicylic acid and ultrasound treatments on chilling injury control and quality preservation in banana fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 249, 334–339. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.018>
- [34] Lagnika, C., Zhang, M., Nsor-Atindana, J. and Tounkara, F. 2014. Extension of mushroom shelf-life by ultrasound treatment combined with high pressure argon. *International Agrophysics*, 28, 39-47. <https://doi.org/10.2478/intag-2013-0025>
- [35] Muzaffar, S., Ahmad, M., Wani, A., Baba, W.N., Shah, U., Khan, A.A., Masoodi, F.A., Gani, A. and Wani, T.A. 2016. Ultrasound treatment: effect on physicochemical, microbial and antioxidant properties of cherry (*Prunus avium*). *Journal of Food Science and Technology*, 53(6), 2752–2759. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2247-3>.
- [36] Jackline, F., Brilhante, S.J., Ne'lio, J.A., Fonso, M., Ramos, M.C, Dantas, V., Paulo, C.S. and Jose, B.P.C. 2014. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. *LWT - Food Science and Technology*, 57, 344–351.
- [37] Chen, B., Huang, J., Wang, J. and Huang, L., 2008. Ultrasound effects on the antioxidative defense systems of *Porphyridium cruentum*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 61, 88-92.
- [38] Zhi, H., Liu, Q., Xu, J., Dong, Y., Liu, M. and Zong, W., 2017. Ultrasound enhances calcium absorption of jujube fruit by regulating the cellular calcium distribution and metabolism of cell wall polysaccharides. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(15), 5202-5210.
- [39] Lagnika, C., Zhang, M. and Mothibe, K.J., 2013. Effects of ultrasound and high pressure argon on physico-chemical properties of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 82, 87-94.
- [40] Nasri, E., Khademi, O., Koushesh Saba, M. and Ebrahimi, R. 2023. Extension of button mushroom storability by ultrasound treatment in combination with calcium lactate. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17: 54–62. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01560-6>.
- [41] Barka, E. A., Kalantari, S., Makhlof, J. and Arul. J. 2000. Impact of UV-C Irradiation on the Cell-wall Degrading Enzymes during Ripening of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3): 667-671.
- [42] Stevens, C., Liu, J., Khan, V. A., Lu, J. Y., Kabwe, M. K., Wilson, C. L., Igwegbe, E. C. K., Chalutz, E. and Droby, S. 2004. The Effects of Low-dose Ultraviolet Light-C Treatment on Polygalacturonase Activity, Delay Ripening and Rhizopus Soft Rot Development of Tomatoes. *Crop Protection*, 23(6): 551-554.
- [43] Promyou, S. and Supapvanich, S. 2012. Effect of ultraviolet-C (UV-C) illumination on postharvest quality and bioactive compounds in yellow bell pepper fruits (*Capsicum annum* L.) during storage. *African Journal of Agricultural Research*, 7(28): 4084-4096.
- [44] Kazemi, M., Aran, M. and Zamani, S. 2011. Effect of salicylic acid treatments on quality characteristics of apple fruits during storage, *American Journal of Plant Physiology*, 6(2): 113-119.
- [45] Maidani, J. and Hashemi Dezfuli, A. 2016. Post harvest Physiology, *Agricultural Education Publication* [in Persian].
- [46] Aday, M.S., Temizkan, R., Buyukan, M.B. and Caner, C. 2013. An innovative technique for extending shelf life of strawberry: Ultrasound. *LWT-Food Science and Technology*, 52, 93–101.
- [47] Xu, Y., Zhang, L., Zhong, J., Shu, J., Ye, X. and Liu, D., 2013. Power ultrasound for the preservation of postharvest fruits and vegetables. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 6(2), 116-125.
- [48] Perkins-Veazie, P. 2007. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biological Technology*, 10:1005-1016.
- [49] Jiang, Y. and Li, Y. 2001. Effects of Chitosan Coating on Postharvest Life and Quality of Longan Fruit. *Food Chem.*, 73: 139-143.
- [50] Lu, J. Y., Stevens, C., Khan, V. A., Kabwe, M. and Wilson, C. L. 1991. The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. *Journal of Food Quality*, 14, 299-305.
- [51] Baka, M., Mercier, J., Corcuff, R., Castaigne, F. and Arul, J. 1999. Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. *Journal of Food Science*, 64, 1068-1072.
- [52] Jalili Marandi, R., Naseri, L., Haji Taghilo, R. and Korsandi, A. 2012. The Effect of UV-C Irradiation on Fruit Quality and Storage Life of



- Two Apple Cultivars. e Plant Production (Scientific Journal of Agriculture), 35(2), 53-63. [in Persian].
- [53] Hadian-Deljou, M. and Sarikhani, H. 2012. Effect of salicylic acid on maintaining post-harvest quality of apple cv. Golabe-Kohanz. Journal of Crops Improvement, 14(2):71-82. [in Persian].
- [54] Hosseini, M. 2012. The effect of putrescine and heat treatment on the shelf life and quality of two varieties of pear (Shahmiveh and Spadna). Master's thesis, Department of Horticultural Science and Engineering, University of Tehran [in Persian].
- [55] Atress, Amal SH., El-Mogy, M.M., Aboul-Anean, HE. and Alsanius, BW. 2010. Improving strawberry Fruit Storability by Edible Coating as a Carrier of Thymol or Calcium Chloride. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, 2(3): 88-97.
- [56] Barka, E.A. 2001. Protective enzymes against reactive oxygen species during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits in response to low amounts of UV-C. Australian Journal of Plant Physiology, 28(8): 785-791.
- [57] Liu, L.H., Zabaraz, D., Bennett, L.E., Aguas, P. and Woonton, B.W. 2009. Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. Food Chemistry, 115: 495-500.
- [58] Freitas, A., Moldao-Martins, M., Costa, H. S., Albuquerque, T. G., Valente, A., and Sanches-Silva, A. 2015. Effect of UV-C radiation on bioactive compounds of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) by-products. Journal of The Science of Food and Agriculture, 5, 44-52.
- [59] Reddy, K. P., Khan, P. A., Patnaik, S., Mohanty, G. B., and Kumar, K. B. 1986. Ascorbate oxidase activity in rice shoot apices during panicle initiation. Plant and Cell Physiology, 27: 725-728.
- [60] Guimaraes J.T., Silva, E.K. Ranadheera, C.S. Moraes, J. Raices, R.S.L. Silva M.C., Ferreira, M.S. Freitas, M.Q. Meireles, M.A.A. Cruz, A.G. 2019. Effect of high-intensity ultrasound on the nutritional profile and volatile compounds of a prebiotic soursop whey beverage, Ultrason. Sonochem, 55: 157-164.
- [61] Ali, G., Russly, A. R., Jamilah, B., Azizah, O., and Mandana, B. 2011. Effect of heat and thermosonication on kinetics of peroxidase inactivation and vitamin C degradation in seedless guava (*Psidium guajava* L.). International Food Research Journal, 18(4), 1289-1294.
- [62] Jagadeesh, S. L., Charles, M. T., Garipey, Y., Goyette, B., Raghavan, G. S. V., and Vigneault, C. 2011. Influence of postharvest UV-C hormesis on the bioactive components of tomato during post-treatment handling. Food and Bioprocess Technology, 4: 1463-1472.
- [63] Veazie P.P., Collins K.J., and Howard L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. Postharvest Biology and Technology, 47: 280-285.
- [64] Bravo, S., Garcia-Alonso, J., Martin-Pozuelo, G., Gomez, V., Garcia-Valverde, V., Navarro-Gonzalez, I., and Periago, M. J. 2013. Effects of postharvest UV-C treatment on carotenoids and phenolic compounds of vine-ripe tomatoes. International Journal of Food Science and Technology, 48: 1744-1749.
- [65] Bravo, S., Garcia-Alonso, J., Martin-Pozuelo, G., Gomez, V., Santaella, M., Navarro-Gonzalez, I. and Periago, M. J. 2012. The influence of post-harvest UV-C hormesis on lycopene,  $\beta$ -carotene, and phenolic content and antioxidant activity of breaker tomatoes. Food Research International, 49: 296-302.
- [66] Esua, O.J. Nyuk Ling Chin, N.L., Yusof, Y.A., and Sukor, R. 2019. Effects of simultaneous UV-C radiation and ultrasonic energy postharvest treatment on bioactive compounds and antioxidant activity of tomatoes during storage. Food Chemistry, 270: 113-122.
- [67] Maharaj, R., Arul, J. and Nadeau, P. 2014. UV-C irradiation effects on levels of enzymic and non-enzymic phytochemicals in tomato. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 21: 99-106.



## Scientific Research

### Investigating the effects of UV-C and ultrasonic treatments on the shelf life of Langra mango fruits

Hasan Shorakaie<sup>1</sup>, Abdolmajid Mirzaalian Dastjerdi<sup>2\*</sup>, Mostafa Ghasemi<sup>3</sup>, Somayeh Rastegar<sup>4</sup>

1- MSc. Graduated student, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2- Associate Professor, Department of Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

3- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran.

4- Horticulture, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

## ARTICLE INFO

## ABSTRACT

## Article History:

Received: 2022/10/24

Accepted: 2023/11/27

## Keywords:

Irradiation,  
Qualitative traits,  
Shelf life,  
Nutritional value,  
Climacteric

DOI: 10.22034/FSCT.21.147.16.

\*Corresponding Author E-Mail:  
[majiddastjerdy@gmail.com](mailto:majiddastjerdy@gmail.com)

[mostafaghasemi1417@gmail.com](mailto:mostafaghasemi1417@gmail.com)

The current research aimed to maintain mango fruit quality and prolong fruit shelf life (*Manifera indica* cv. Langra). A factorial experiment was conducted as a completely randomized design with three replications (18 fruits per replication). Mango fruits were harvested at mature green stage from a commercial mango orchard in Roodan city, Hormozgan province. The first factor was ultraviolet irradiation (UV-C) (25 W power) at three levels (0, 5, and 10 minutes). The second factor was ultrasonic irradiation with a frequency of 35 kHz (280 W power) at three levels (0, 3, and 6 min). The third factor was storage time at five levels (0, 10, 20, 30, and 40 days). After using the treatments at the mentioned UV-C and ultrasonic proportions, the fruits were stored in a cold, humid environment (10 °C and 80-85% relative humidity). Sampling and measurements were carried out at different times. Based on the results, ultraviolet and ultrasound treatments prevented the increase in L\* (lightness), a\*, b\*, and pH values. Also, they prevented the decrease in fruit ascorbic acid over time. The highest ascorbic acid content (11.3 mg/100 g) occurred in response to the 3-minute ultrasound treatment. Ultraviolet treatments delayed the decrease in ascorbic acid content through storage time, compared to the control. However, the 5- and 10-minute ultraviolet treatments had no significant difference from each other. The 6-minute ultrasound treatment significantly suppressed the decrease in fruit weight. On the 40th day of storage, the lowest L\* value in fruit flesh (89.44) occurred in response to the 5-minute ultraviolet treatment. Therefore, the 5-minute ultraviolet treatment can be recommended for the optimal maintenance of mango fruit appearance (L\*). The 3-minute ultrasound treatment can be recommended for the optimal maintenance of ascorbic acid in mango fruits when stored for 40 days.