

تأثیر تیمارهای پرتوتابی UV-C و فراصوت بر انبارمانی میوه چیکو

قنبر نژادسبحانی^۱، عبدالمجید میرزاعلیان دستجردی^۲، منصوره شمیلی^۳ و مصطفی قاسمی^{۴*}

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۵)

چکیده

میوه چیکو به علت فسادپذیری و عمرانباری کم، تنها در بازارهای محلی ایران مصرف می‌شود و برای مناطق دیگر به‌عنوان میوه‌ای ناشناخته است. بنابراین به منظور ارزیابی اثر پرتودهی فرابنفش و فراصوت بر خصوصیات کیفی میوه چیکو در سال ۱۳۹۵، آزمایشی به صورت فاکتوریل با سه فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه هرمزگان انجام شد. فاکتور اول کاربرد پرتوتابی با اشعه UV-C با طول موج ۲۵۴ نانومتر در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ دقیقه)، فاکتور دوم امواج اولتراسونیک با طول موج ۲۸ کیلوهرتز در سه سطح (صفر، ۳ و ۶ دقیقه) و فاکتور سوم زمان انبارمانی در پنج سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز) بود. میوه‌ها پس از تیمار به سردخانه با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵-۸۰ درصد منتقل شدند و نمونه‌گیری و اندازه‌گیری کاهش وزن میوه، سفتی، پارامترهای رنگ گوشت از قبیل میزان (L^* درجه روشنایی)، (a^* درجه قرمزی) و (b^* درجه زردی)، قند میوه، درصد پوسیدگی میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، اسیدآسکوربیک و فنل در زمان‌های مختلف انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فراصوت بر پوسیدگی و کاهش وزن میوه معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود، اما اثر فرابنفش تنها بر پوسیدگی و درجه قرمزی (a^*) گوشت میوه معنی‌دار ($P \leq 0.01$) شد. اثر زمان انبارمانی نیز بر همه پارامترها معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود. در زمان ۴۰ روز از انبارمانی، بیشترین میزان کاهش وزن (۵۰/۳۱ درصد) در تیمار شاهد و کمترین میزان کاهش وزن (۳۰/۸۳ درصد) مربوط به تیمار فراصوت در مدت ۶ دقیقه بود. در روز ۴۰ از انبارمانی، در تیمارهای فرابنفش به مدت ۱۰ دقیقه و فراصوت به مدت ۳ و ۶ دقیقه هیچگونه علائم پوسیدگی مشاهده نشد. بر اساس نتایج، تیمار میوه‌های چیکو با پرتوتابی فراصوت به مدت ۶ دقیقه و اشعه UV-C به مدت ۱۰ دقیقه سبب بالاترین کیفیت ظاهری میوه چیکو در طی انبار شد.

کلمات کلیدی: پرتو فرابنفش، عمر پس از برداشت، فراصوت، میوه چیکو

۱- دانش آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

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

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

۴- استادیار بخش زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران.

* پست الکترونیک: mostafaghasemi1417@gmail.com

مقدمه

درخت چیکو (*Manilkara zapota*) گیاهی گرمسیری و دارای میوه‌ای با طعم منحصر به فرد و خواص دارویی فراوان می‌باشد. این میوه دارای ارزش غذایی بالا و غنی از قند بوده و دارای ۶۹-۷۵ درصد آب و منبع بسیار خوبی از کربوهیدرات‌ها (۱۴-۱۲ درصد)، پروتئین، کلسیم، آهن و سرشار از ویتامین ث، ویتامین آ و ویتامین‌های گروه ب می‌باشد. قسمت گوشتی میوه چیکو در تهیه پودر خشک، ژله، شربت، حلوا، مربا، کنسرو، بستنی و سالاد میوه‌ای استفاده می‌شود (مورتون^۱، ۱۹۸۷). در استان هرمزگان حدود ۵۶ هکتار به کشت و پرورش چیکو اختصاص یافته است که حدود ۴۰۰ تن محصول تولید می‌شود (بی‌نام، ۱۳۹۹). اما متأسفانه میوه‌ها به دلیل ماهیت فسادپذیری تنها جهت مصرف بازارهای محلی مورد مصرف قرار می‌گیرند و همین امر باعث محدود شدن صادرات آن و بالطبع ناشناخته ماندن و کمیاب بودن میوه چیکو در بازارهای مختلف کشور شده است.

امروزه روش‌های مدرن نگهداری صنعتی میوه‌ها مانند روش‌های غیرحرارتی به سرعت در حال گسترش می‌باشند. روش‌های غیرحرارتی به گروهی از فناوری‌ها اطلاق می‌شود که ماده غذایی را بدون اعمال حرارت محافظت می‌کنند، لذا از تغییر کیفیت محصول به وسیله گرما جلوگیری می‌کنند (خالقی و همکاران، ۱۳۹۸؛ لیو^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). پرتو ماوراء بنفش یک نوع تابش غیر یونیزه با طول موج ۴۰۰-۱۰۰ نانومتر است که خود به سه نوع UV-A با طول موج ۳۱۵-۲۸۰ نانومتر و UV-B با طول موج ۴۰۰-۳۱۵ نانومتر و UV-C با طول موج ۲۸۰-۱۰۰ نانومتر تقسیم می‌شود (مک‌کنزی^۳، ۲۰۰۳). پرتو UV-C در طول موج ۲۰۱-۲۵۱ نانومتر بیشترین اثر را بر باکتری، ویروس، پروتوزوا، قارچ و جلبک دارد و نسبت به دو اشعه دیگر سلول‌کش قوی‌تری است. این اشعه توسط پروتئین و اسیدهای نوکلئیک جذب می‌شود و تغییرات فتوشیمیایی که توسط آن ایجاد می‌گردد ممکن است سبب مرگ سلول

شود. مهمترین مزیت آن عدم تشکیل محصولات جانبی سمی یا غیرسمی طی فرآوری است (گونزالس آگوئیلار^۴ و همکاران، ۲۰۱۰). تابش UV-C به دلیل عدم خطرات زیست‌محیطی و سلامتی انسان به‌طور گسترده‌ای به عنوان جایگزینی برای مواد شیمیایی ضدعفونی‌کننده در محصولات غذایی استفاده شده است (لیو و همکاران، ۲۰۱۱). از تابش UV-C در محصولاتی از جمله هویج (مرسیر^۵، ۲۰۰۰)، فلفل‌سبز (مرسیر^۶، ۲۰۰۱)، توت‌فرنگی و گیلاس (مارکوئنی^۷ و همکاران، ۲۰۰۲)، کلم بروکلی (کوستا^۸ و همکاران، ۲۰۰۶)، انبه (گونزالس آگوئیلار و همکاران، ۲۰۰۷)، توت‌فرنگی (سورو^۹ و همکاران، ۲۰۱۵) و کلم‌پیچ (هارباوم-پیایدا^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۶) 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 (گونزالس آگوئیلار و همکاران، ۲۰۰۷؛ خالقی و همکاران، ۱۳۹۸).

استفاده از امواج اولتراسونیک (فراصوت) نیز یکی از جدیدترین روش‌های غیرحرارتی است که باعث افزایش عمر مفید میوه‌های تازه در طول دوره ذخیره‌سازی می‌شود (ارکان و سویسال^{۱۱}، ۲۰۱۳؛ بال^{۱۲}، ۲۰۱۳). این روش در مقایسه با دیگر روش‌ها، امن‌تر، غیرسمی و سازگار با محیط زیست می‌باشد (لاگنیکا^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۷). به طور کلی فرکانس اصلی آن بالای ۲۰ کیلوهرتز تا ۱۰۰ مگاهرتز می‌باشد و برای انسان قابل شنیدن نمی‌باشد (بال، ۲۰۱۳). مطالعات نشان داده که تیمار فراصوت سبب حذف باکتری‌ها، کپک‌ها و مخمرها و در نتیجه افزایش عمر انباری و حفظ کیفیت میوه انگور (بال، ۲۰۱۷)، توت‌فرنگی (کائو^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۰)، لیچی (چن^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۲)، آلو

9. Severo
10. Harbaum-Piayda
11. Ercan and Soysal
12. Bal
13. Lagnika
14. Cao
15. Chen

1. Morton
2. Liu
3. McKenzi
4. Gonzales-Aguilar
5. Mercier
6. Mercier
7. Marquenie
8. Costa

روشنایی)، a^* (درجه قرمزی) و b^* (درجه زردی)، قند، درصد پوسیدگی، اسیدیته قابل تیتراسیون، اسیدآسکوربیک و فنل در زمان‌های انبارمانی ذکر شده (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز) انجام شد.

کاهش وزن میوه

برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن میوه، از فرمول زیر استفاده شد (حسینی‌فرهی و حقانی‌فرد^۵، ۲۰۱۷):

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

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.

اندازه‌گیری سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه پنترومتر مدل FT-327 با نفوذسنج دستی با پروب ۸ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. سفتی بافت براساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ نوک میله در میوه برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مکعب بیان گردید (کاسترو^۶ و همکاران، ۲۰۰۸).

رنگ گوشت میوه

پارامترهای رنگی از قبیل میزان L^* (درجه روشنایی)، a^* (درجه قرمزی) و b^* (درجه زردی) توسط دستگاه رنگ سنج^۷ (Minolta CR400, Japan) تعیین شد (پک^۸ و همکاران، ۲۰۱۰). شاخص L^* بیانگر روشنی 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.

مواد جامد محلول

میزان مواد جامد محلول با استفاده از قندسنج^۹ دیجیتالی مدل DBR95 تعیین و نتایج به صورت درجه بریکس بیان شد (آنون^{۱۰}، ۲۰۰۴). واحد بریکس برابر با گرم قند موجود در ۱۰۰ گرم عصاره می‌باشد.

شاخص پوسیدگی

شاخص پوسیدگی میوه به صورت مشاهده‌ای در پنج درجه شامل صفر: سطح میوه عاری از هرگونه علامت پوسیدگی، ۱: کمتر یا مساوی ۵٪ از سطح میوه دارای آلودگی، ۲: بیش از ۵٪ و یا کمتر یا مساوی ۲۰٪ از سطح میوه دارای علامت پوسیدگی، ۳: بیشتر از ۲۰٪ و کمتر یا مساوی ۵۰٪ از سطح

(چن و ژو^۱، ۲۰۱۱؛ بال، ۲۰۱۶) و هلو (بال، ۲۰۱۳؛ یانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۱) شده است. همچنین کاهش خسارت سرمای در میوه‌های تیمار شده با فراصوت گزارش شده است (بال، ۲۰۱۳). تیمار ترکیبی فراصوت و اسید سالسیلیک نیز برای کاهش پوسیدگی هلو ذخیره شده در ۲۰ درجه سانتی‌گراد تأثیر گذار بود (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

باتوجه به اهمیت میوه چیکو در جنوب ایران و عمرانباری کم آن، استفاده از تکنیک‌های پس از برداشت جهت افزایش عمر پس از برداشت این میوه و بازدهی اقتصادی هرچه بیشتر آن ضروری به نظر می‌رسد. هدف اصلی این مطالعه بررسی اثر پرتو UV-C و امواج فراصوت بر خواص کیفی و عمر انبارمانی میوه چیکو بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش میوه‌های چیکو در سال ۱۳۹۵ در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی از درختان واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، ایستگاه میناب برداشت شدند. میوه‌ها بلافاصله پس از برداشت، به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه هرمزگان منتقل شدند و میوه‌های سالم و یکنواخت از لحاظ شکل و وزن انتخاب و پس از شستشو در مجاورت هوا خشک شدند. میوه‌ها در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار هر تکرار ۶ میوه، مورد بررسی قرار گرفتند. فاکتور اول در این آزمایش کاربرد پرتوتابی با اشعه UV-C با طول موج ۲۵۴ نانومتر در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ دقیقه)، فاکتور دوم امواج اولتراسونیک با طول موج ۲۸ کیلوهرتز در سه سطح (صفر، ۳ و ۶ دقیقه) و فاکتور سوم زمان انبارمانی در پنج سطح (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز) بودند. میوه‌ها پس از تیمار با نسبت‌های یاد شده از پرتوهای UV-C و فراصوت به سردخانه با دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰-۸۵ درصد منتقل شدند (خالقی و همکاران، ۱۳۹۸؛ بولتون و لیندن^۳، ۲۰۰۳؛ کک^۴ و همکاران، ۲۰۱۳). اندازه‌گیری پارامترهای کاهش وزن میوه، سفتی، پارامترهای رنگی از قبیل میزان L^* (درجه

6. Castro
8. Chromameter
8. Pek
9. Refractometer
10. Anon

1. Chen and Zhu
2. Yang
3. Bolton and Linden
4. Kek
5. Hosseini Farahi and Haghaniard

مخلوط میوه و اسیدمتافسفریک که برابر با ۶ بود، W گرم وزن نمونه که برابر با ۱ بود و T میلی‌لیتر حجم نمونه برای تیتراسیون که برابر با ۵ بود (حیات^۳، ۲۰۰۷).

فنل کل

محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین-سیوکالتیو و با استفاده از روش اندازه‌گیری سینگلتن و روزی^۴ (۱۹۶۵) اندازه‌گیری شد. ۰/۵ گرم از بافت میوه صاف شده با سه میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد هموزنیزه شد و ۳۰۰ میکرولیتر از آن با ۱۵۰۰ میکرولیتر معرف فولین رقیق شده (۱۰ درصد) ترکیب گردید. پس از پنج دقیقه، ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد به آن اضافه گردید و پس از ۹۰ دقیقه قرار گرفتن روی شیکر، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و با مقایسه با منحنی استاندارد اسید گالیک در غلظت‌های صفر، 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.

داده‌های مورد نظر توسط نرم‌افزار MSTATC آنالیز و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد ارزیابی شدند.

نتایج و بحث

کاهش وزن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر نور فرابنفش بر کاهش وزن میوه معنی‌دار ($P \leq 0.05$) نبود، اما اثر متقابل تیمار فراصوت و زمان بر کاهش وزن میوه معنی‌دار ($P \leq 0.01$) شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش زمان نگهداری میزان کاهش وزن میوه افزایش می‌یابد. کمترین کاهش وزن نسبت به شاهد به ترتیب در تیمارهای فراصوت به مدت ۶ دقیقه و فراصوت به مدت ۳ دقیقه مشاهده شد. همچنین ۱۰ روز پس از انبارمانی، بیشترین کاهش وزن مربوط به تیمار شاهد با ۲۳/۷۱ درصد و کمترین کاهش وزن مربوط به تیمار فراصوت در زمان ۶ دقیقه با مقدار ۱۱/۳ درصد مشاهده شد. در زمان ۴۰ روز از انبارمانی، بیشترین میزان کاهش وزن (۵۰/۳۱ درصد) در تیمار شاهد و کمترین میزان کاهش وزن (۳۰/۸۳ درصد) مربوط به تیمار فراصوت در مدت ۶ دقیقه بود (شکل ۱).

میوه دارای علامت پوسیدگی و ۴: بیشتر از ۵۰٪ از سطح میوه دارای علامت پوسیدگی نمره‌دهی شد (گونزالس آگوئیلار^۱ و همکاران (۲۰۰۷). شاخص پوسیدگی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

(تعداد کل میوه‌ها در هر تکرار) / (تعداد میوه در هر درجه پوسیدگی × درجه پوسیدگی) = شاخص پوسیدگی

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

اسیدیته قابل تیتراسیون، براساس اسید آلی غالب میوه اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، مقدار ۵ سی‌سی عصاره با ۴۵ سی‌سی آب مقطر مخلوط و ۳-۴ قطره فنل‌فالتین به آن اضافه شد. عمل تیتراسیون با استفاده از بورت حاوی سود (هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال) انجام گردید. ظهور رنگ صورتی نشان دهنده پایان تیتراسیون می‌باشد. عدد مربوط به میزان سود مصرفی را یادداشت و با استفاده از فرمول زیر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون تعیین گردد (روزس^۲، ۲۰۰۱).

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

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

آسکوربیک اسید

میزان ویتامین ث (میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه) میوه‌ها، به روش تیتراسیون با ۲،۶ دی کلروفنل ایندوفنل اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان اسید آسکوربیک، مقدار ۱ سی‌سی از آب میوه با ۵ سی‌سی متافسفریک مخلوط شد و پس از ۳ دقیقه سانتیفریوژ، محلول رویی برداشته و با ایندوفنل تیتراسیون شد. ظهور رنگ ارغوانی نشان‌دهنده پایان تیتراسیون بود. عدد مربوط به میزان ایندوفنل مصرفی یادداشت و در فرمول زیر قرار داده شد تا میزان ویتامین ث 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 میلی‌لیتر ایندوفنل مصرف شده در تیتراسیون، F عامل ایندوفنل که برای محلول استاندارد اسید آسکوربیک برابر با ۰/۲۵ است، Y میلی‌لیتر حجم

3. Hayat
4. Singleton and Rossi

1. Gonzalez-Aguilar
2. Roussos

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اشعه پرتوتابی فرابنفش و فراصوت بر پارامترهای مختلف میوه چیکو طی انبارمانی

منابع تغییرات	درجه آزادی	کاهش وزن میوه	سفتی	L*	a*	b*	TSS	پوسیدگی	TA	اسید آسکوربیک	فنل کل
فرابنفش	۲	۷۹/۱۴۶ ^{NS}	۰/۱۹۴ ^{NS}	۱۳/۴۰۷ ^{NS}	۴/۸۵۸ ^{**}	۳۳/۵۶۷ ^{NS}	۰/۵۹۳ ^{NS}	۳/۷۸۵ ^{**}	۰/۱۰۷ ^{NS}	۴/۱۶۳ ^{NS}	۲۳۰/۲۴۴ ^{NS}
فراصوت	۲	۲۲۳۶/۰۴۹ ^{**}	۲/۶۹۹ ^{NS}	۱۱/۷۷۳ ^{NS}	۰/۷۷۸ ^{NS}	۸/۴۳۵ ^{NS}	۰/۰۰۳ ^{NS}	۱۲/۴۵۲ ^{**}	۰/۳۱۸ ^{NS}	۲۲/۴۲۱ ^{NS}	۱۲۰۵/۹۷۱ ^{NS}
فرابنفش*فراصوت	۴	۷۲/۸۴۱ ^{NS}	۱/۴۰۴ ^{NS}	۱۲/۷۸۸ ^{NS}	۱/۳۸۵ ^{NS}	۲۸/۶۵۱ ^{NS}	۱/۴۴۱ ^{NS}	۳/۷۸۵ ^{**}	۰/۰۶۰ ^{NS}	۴/۱۸۳ ^{NS}	۱۴۳۸/۵۸۵ ^{NS}
زمان	۴	۶۱۰۹/۳۶۹ ^{**}	۳۷۲/۶۵۶ ^{**}	۱۶۷۵/۵۱۱ ^{**}	۹۰/۰۱۳ ^{**}	۱۷۷/۱۵۰ ^{**}	۳۰۶/۰۱۶ ^{**}	۸/۵۶۳ ^{**}	۳۳/۷۶۷ ^{**}	۱۶۵۵/۰۳۷ ^{**}	۳۹۵۱۵۶/۰۲۸ ^{**}
فرابنفش*زمان	۸	۹/۳۷۴ ^{NS}	۱/۴۶۰ ^{NS}	۵/۱۷۱ ^{NS}	۲/۴۶۹ ^{**}	۱۸/۹۳۴ ^{NS}	۰/۶۳۰ ^{NS}	۲/۳۹۶ ^{**}	۰/۱۳۱ ^{NS}	۷/۴۰۴ ^{NS}	۴۸۲/۸۳۴ ^{NS}
فراصوت*زمان	۸	۱۵۹/۹۶۸ ^{**}	۲/۳۳۷ ^{NS}	۱۳/۳۴۰ [*]	۰/۶۶۱ ^{NS}	۳۰/۲۴۷ ^{NS}	۰/۷۷۱ ^{NS}	۸/۵۶۳ ^{**}	۰/۱۶۸ ^{NS}	۱/۴۶۳ ^{NS}	۶۴۸/۰۵۲ ^{NS}
فرابنفش*فراصوت*زمان	۱۶	۱۲/۹۸۶ ^{NS}	۰/۹۴۲ ^{NS}	۶/۴۹۵ ^{NS}	۰/۷۰۱ ^{NS}	۲۵/۹۳۶ ^{NS}	۱/۴۰۰ ^{NS}	۲/۳۹۶ ^{**}	۰/۰۳۵ ^{NS}	۳/۱۷۴ ^{NS}	۸۴۲/۴۴۶ ^{NS}
خطای آزمایش	۹۰	۲۸/۷۷۷	۱/۳۵۹	۵/۵۴۲	۰/۶۷۱	۳۴/۶۳۲	۰/۹۸۶	۰/۱۸۵	۰/۱۳۴	۹/۸۸۹	۱۱۴۴/۱۲۱

NS، * و ** به ترتیب بی معنی، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و معنی‌دار در سطح ۱ درصد

۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش زمان انبارمانی میزان سفتی میوه چیکو کاهش چشمگیری داشت (شکل ۲).

اگرچه در این پژوهش پرتوتابی فرابنفش و فراصوت تأثیری بر میزان سفتی میوه چیکو نداشت اما رابیان^۴ و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تیمار فراصوت تیمار موثر برای غیرفعال کردن آنزیم پکتین‌متیل‌استراز می‌باشد و این غیر فعال‌سازی پکتین‌متیل‌استراز را به افزایش شدت کایتاسیون و تولید H₂O₂ نسبت دادند. همچنین گزارش شده تیمار با پرتو فرابنفش سبب جلوگیری از تولید اتیلن و متوقف شدن فعالیت آنزیم‌های موثر در نرم شدن میوه‌ها (پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز و پروتاز) و همچنین کاهش سرعت تنفس شده و موجب حفظ سفتی میوه‌ها می‌شود (ویسنه^۵ و همکاران، ۲۰۰۵). حفظ سفتی میوه در گوجه‌فرنگی (بارکا^۶ و همکاران، ۲۰۰۰) و سیب (هاگن و همکاران، ۲۰۰۷) تیمار شده با نور UV-C نسبت به نمونه‌های شاهد گزارش شده است.

تغییرات رنگ گوشت میوه چیکو

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل تیمارهای فراصوت و زمان بر میزان L* (درجه روشنایی) گوشت میوه چیکو معنی‌دار (P≤0.05) بود. از نظر a* (درجه قرمزی) گوشت

کاهش وزن یکی از مهمترین شاخصه‌های کیفی است که بر عمر پس از برداشت محصولات باغی در طی انبار تأثیرگذار است (بال و همکاران، ۲۰۱۷). مشاهدات این پژوهش با یافته‌های راوسون^۱ و همکاران (۲۰۱۱) و اریدینک^۲ (۲۰۱۳) در مورد اثر فراصوت بر هلو همسو بود. البته در بررسی یانگ و همکاران (۲۰۱۱) اسید سالیسیلیک، فراصوت و ترکیب آنها اثر معنی‌داری در کاهش وزن هلو پس از ۶ روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نداشت. هاگن^۳ و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که درصد کاهش وزن در سیب‌های تیمار شده با اشعه فرابنفش کمتر بود و رطوبت میوه‌ها به علت تحریک فعالیت آنزیم‌های لیگنینی‌کننده در اثر نور فرابنفش بیشتر حفظ می‌شود. تیمار فراصوت به دلیل غیرفعال‌سازی و یا کاهش فعالیت آنزیم‌ها، کاهش تنفس، حفظ سفتی، اثرات شیمیایی و مکانیکی کایتاسیون و ممانعت یا کاهش فعالیت میکروبی می‌تواند از کاهش رطوبت و در نتیجه کاهش وزن میوه ممانعت به‌عمل آورد (اریدینک، ۲۰۱۳).

میزان سفتی بافت میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر پرتوتابی فرابنفش و فراصوت بر میزان سفتی میوه معنی‌دار (P≤0.05) نبود و تنها اثر زمان بر این پارامتر معنی‌دار (P≤0.01) شد (جدول

4. Raviyan
5. Vicente
6. Barka

1. Rawson
2. Eridinc
3. Hagen

زردی) گوشت میوه نیز با گذشت زمان انبارمانی میزان b^* (درجه زردی) به طور قابل توجهی افزایش یافت (شکل ۵).

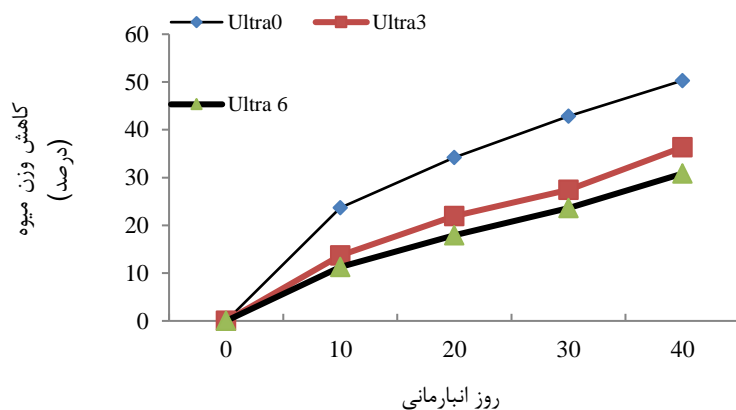
تغییرات میزان TSS میوه چیکو طی دوره انبارمانی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنها اثر زمان بر پارامتر TSS معنی دار ($P \leq 0.01$) بود و اثر تیمارهای فراصوت و فرابنفش بر این پارامتر معنی دار ($P \leq 0.05$) نبود (جدول ۱). همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود با افزایش زمان انبارمانی میزان TSS به طور قابل توجهی افزایش یافت (شکل ۶).

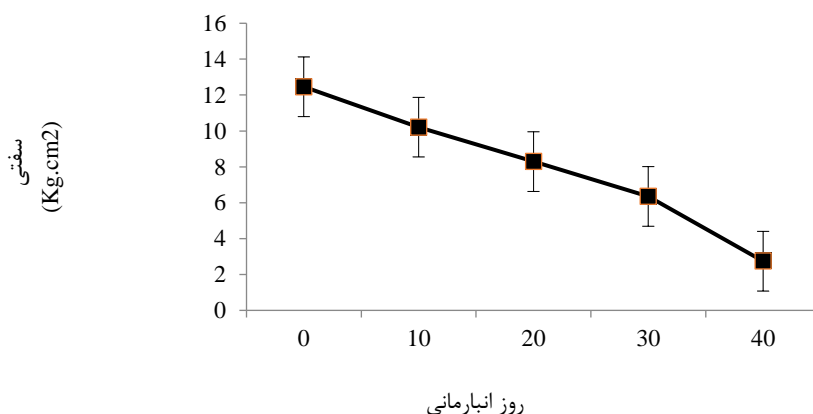
بیشترین تغییراتی که هنگام رسیدن میوه صورت می‌گیرد به شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلیمری خصوصاً قندهای موجود در دیواره سلولی مربوط است که موجب تغییر مزه و تغییر در بافت میوه می‌شود و به همین دلیل میزان درصد مواد جامد محلول با رسیدن افزایش می‌یابد (کازمی^۱ و

میوه نیز اثر فرابنفش، زمان و برهمکنش این دو تیمار معنی دار ($P \leq 0.01$) بود. در پارامتر b^* (درجه زردی) گوشت میوه نیز تنها اثر زمان از نظر آماری معنی دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۱).

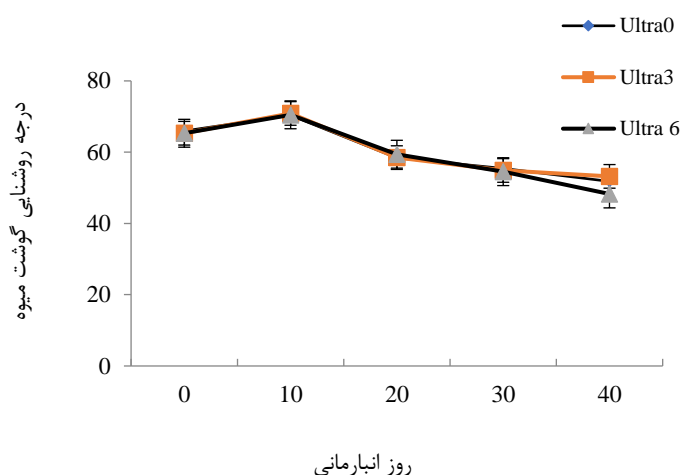
مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در روزهای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز پس از انبارمانی، پارامتر L^* (درجه روشنایی) گوشت نسبت به زمان صفر کاهش یافت. در روز ۴۰ انبارمانی کمترین میزان L^* (درجه روشنایی) گوشت در تیمار فراصوت ۶ دقیقه مشاهده شد (شکل ۳). پارامتر a^* (درجه قرمزی) گوشت میوه با افزایش زمان انبارمانی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. بیشترین مقدار a^* (درجه قرمزی) گوشت در میوه‌های تیمار شده با اشعه فرابنفش به مدت ۱۰ دقیقه مشاهده گردید (شکل ۴). در پارامتر b^* (درجه



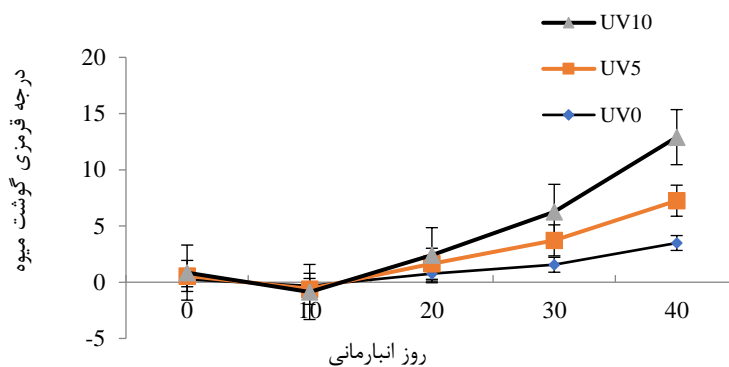
شکل ۱- اثر فراصوت بر کاهش وزن میوه چیکو در زمان‌های مختلف انبارمانی. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.



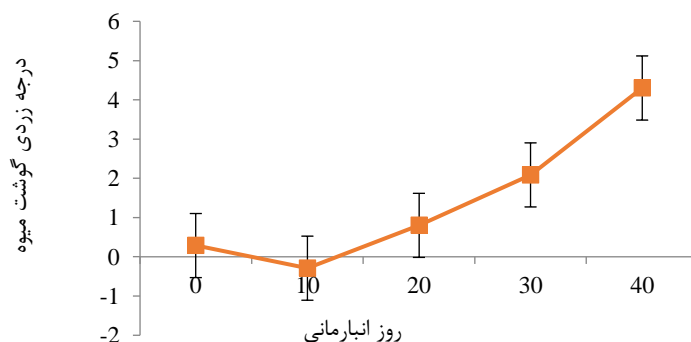
شکل ۲- اثر زمان انبارمانی روی سفتی میوه چیکو. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.



شکل ۳- اثر متقابل فراصوت و زمان روی L^* (درجه روشنایی) گوشت میوه چیکو. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.



شکل ۴- اثر متقابل تیمار اشعه فرابنفش و زمان انبارمانی روی a^* (درجه قرمزی) گوشت میوه چیکو. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.



شکل ۵- اثر زمان انبارمانی روی b^* (درجه زردی) گوشت میوه چیکو. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

همکاران، ۲۰۱۱؛ میدانی و هاشمی، ۱۳۷۶). در بررسی
انجام شده روی انگور، بیشترین مواد جامد محلول کل در

تیمار فراصوت مشاهده شد (بال و همکاران، ۲۰۱۷).
تغییرات شاخص پوسیدگی میوه

کاهش پوسیدگی توسط تیمار UV-C را می‌توان به خاصیت میکروپکشی آن نسبت داد به طوری که از طریق صدمه به DNA ریزجانداران، آنها را غیرفعال می‌کند. علاوه بر این نور UV-C از طریق فعال کردن مکانیسم‌های دفاعی مانند متابولیسم‌های ثانویه باعث القای مقاومت در برابر عوامل قارچی می‌شود (خالقی و همکاران، ۱۳۹۸؛ گونزالس آگوئیلا و همکاران، ۲۰۰۷).

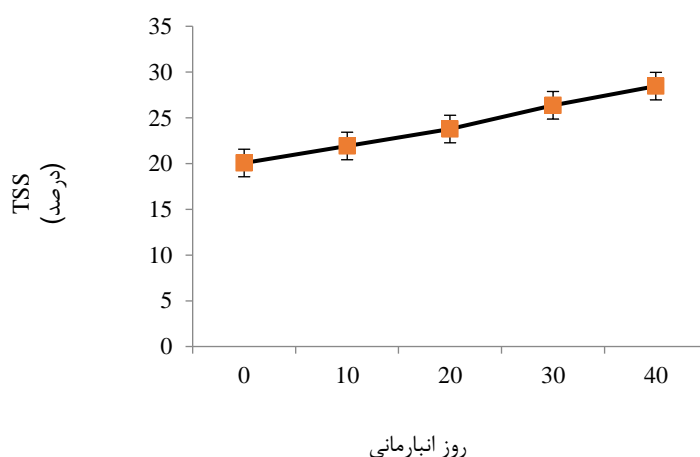
نتایج تیمار فراصوت نیز با یافته‌های یانگ و همکاران (۲۰۱۱) که گزارش کردند تیمار ترکیبی فراصوت و اسید سالیسیلیک تکنیکی جهت کاهش پوسیدگی در هلو می‌باشد، چن و همکاران (۲۰۱۲) روی میوه لیچی و بال و همکاران (۲۰۱۷) روی انگور همسو می‌باشد. قرار دادن خوشه‌های انگور در معرض فراصوت سبب کاهش قابل توجه میزان پوسیدگی در طول ذخیره‌سازی شد که نشان می‌دهد این تیمار در مهار پوسیدگی قارچی در طی ذخیره‌سازی موثر است. این ممکن است در نتیجه مهار مستقیم رشد میکروبی توسط تیمار فراصوت یا فعال کردن پاسخ‌های دفاعی در میوه باشد و در نتیجه به کاهش کلونیزاسیون بافت توسط پاتوژن کمک کند (بال و همکاران، ۲۰۱۷). تغییرات ایجاد شده توسط فراصوت می‌تواند ناشی از کشتن برخی از باکتری‌ها، غیرفعال کردن ویروس‌ها و یا حتی آسیب به دیواره سلولی برخی میکروب‌ها و در نتیجه افزایش زمان انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌ها باشد (جی^۳ و همکاران،

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر همه تیمارها شامل پرتوتابی فرابنفش، فراصوت، زمان و اثرات متقابل آنها بر پوسیدگی میوه چیکو معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین اثرات متقابل اشعه فرابنفش و زمان انبارمانی نشان داد در روز ۴۰ از انبارمانی، کمترین علائم پوسیدگی در تیمار فرابنفش به مدت ۱۰ دقیقه مشاهده شد. بیشترین میزان پوسیدگی نیز متعلق به تیمار شاهد بود (شکل ۷). مقایسه میانگین اثرات متقابل فراصوت و زمان انبارمانی نیز نشان داد که پس از ۴۰ روز، تیمار فراصوت ۳ و ۶ دقیقه دارای کمترین درصد پوسیدگی و تیمار شاهد دارای بیشترین درصد پوسیدگی بودند (شکل ۸).

یافته‌های مارکوئنی و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که تیمار UV-C باعث محدود شدن فعالیت قارچی روی توت‌فرنگی شد. یافته‌های یوآن^۱ و همکاران (۲۰۰۴) نیز نشان داد که کاربرد اشعه UV-C سبب کاهش جمعیت باکتری‌ها بر سطح میوه سیب شد.

کاراساهین^۲ و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند که تیمار اشعه فرابنفش و آب گرم در کنترل پوسیدگی بادمجان، موثر بود. خالقی و همکاران (۱۳۹۸) اثر پرتوتابی با UV-C را بر کنترل پوسیدگی و کیفیت پس از برداشت میوه گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای رقم نیوتن مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار میوه‌ها با UV-C اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رنگ، رسیدگی، درصد کاهش وزن، سفتی و pH نداشت اما به‌طور معنی‌داری باعث کاهش میزان پوسیدگی شد.



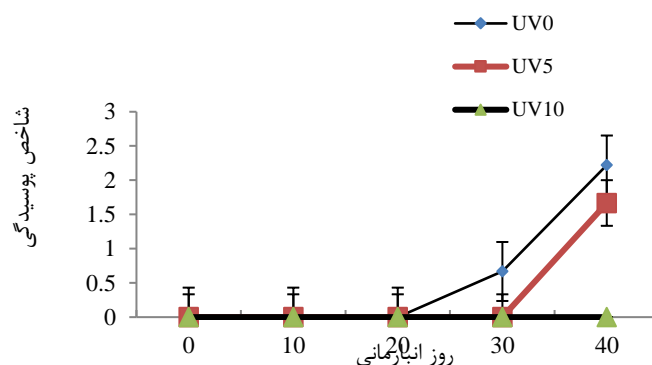
شکل ۶- اثر زمان انبارمانی بر میزان TSS میوه چیکو. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

میوه چیکو به شدت کاهش یافت که با نتایج جلیلی‌مرندی و همکاران (۱۳۹۱) روی سیب مطابقت داشت. میزان اسیدیته قابل تیتراسیون به طور مستقیم به غلظت اسیدهای آلی موجود در میوه بستگی دارد که یک عامل مهم در حفظ کیفیت میوه‌ها می‌باشد (کاظمی و همکاران، ۲۰۱۱). اسیدهای آلی اسید سیتریک و اسید مالیک از مواد مورد مصرف در تنفس هستند که بخشی از آنها در جریان رسیدن، طی دوره پس از برداشت و در طول دوره نگهداری در میوه فرازگرا مصرف شده و کاهش می‌یابد (هادیان‌دلجو و ساری‌خانی، ۱۳۹۱). در مطالعه بال و همکاران (۲۰۱۷)، پس از ۶۰ روز نگهداری، محتوای اسیدیته قابل تیتراسیون میوه‌های انگور در تیمار فراصوت به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد انگور نشده بود. به نظر می‌رسد تیمار فراصوت باعث بلوغ فیزیولوژیکی کمتری در میوه می‌شود، زیرا هم

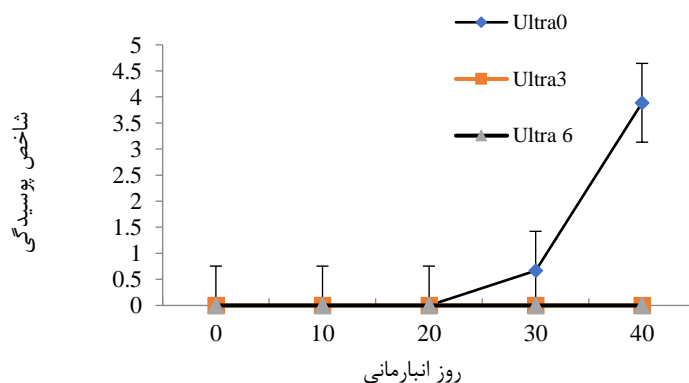
(۲۰۱۲). گزارش شده تیمار فراصوت سبب ایجاد یک تنش شده و در نتیجه القاء آنزیم‌های کلیدی در مسیر متابولیت‌های ثانویه از قبیل فنیل آلانین آمونیا لیاز^۱ (یک آنزیم کلیدی در سنتز گونه‌های شیمیایی ضدقارچی مانند فیتوآلکسین-ها)، فلاونوئیدها و تحریک آنزیم‌های دیواره سلولی قارچ‌ها مانند کتیناز و گلوکوناز (چارلز^۲ و همکاران، ۲۰۰۹) و تجمع ترکیبات ضدقارچی و سایر مواد شیمیایی مانند کارتنوئیدها و ویتامین ث می‌شود (دروبی^۳ و همکاران، ۱۹۹۳).

اسیدیته قابل تیتراسیون

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر پرتوتابی فرابنفش و فراصوت بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه معنی‌دار ($P \leq 0.05$) نبود و تنها اثر زمان بر این پارامتر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۱). طبق نتایج به‌دست آمده (شکل ۹) با افزایش زمان انبارمانی میزان اسیدیته قابل تیتراسیون



شکل ۷- اثر متقابل اشعه فرابنفش و مدت زمان انبارمانی بر درصد پوسیدگی میوه چیکو. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.



شکل ۸- اثر متقابل فراصوت و مدت زمان انبارمانی بر درصد پوسیدگی میوه چیکو. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

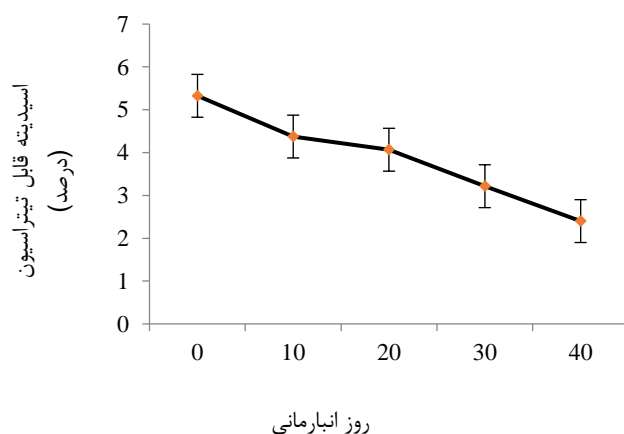
قندها و هم اسیدهای آلی سوبستراهای تنفس میوه هستند.

مقدار آسکوربیک اسید میوه چیکو طی انبارمانی

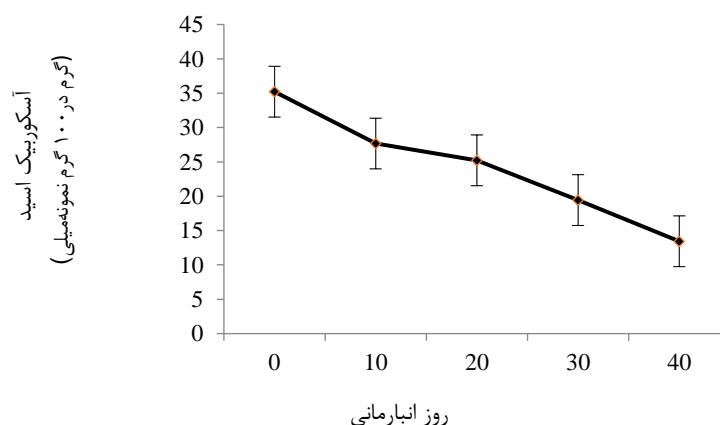
نتایج نشان داد که اثر پرتوتابی فرابنفش و فراصوت بر میزان اسید آسکوربیک میوه ($P \leq 0.05$) معنی دار نبود و تنها اثر زمان بر این پارامتر میوه معنی دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش زمان انبارمانی میزان اسید آسکوربیک میوه چیکو کاهش یافت (شکل ۱۰) که با نتایج کاستمن^۱ و همکاران (۲۰۰۱) در میوه چیکو مطابقت داشت.

میزان اسید آسکوربیک که یکی از آنتی‌اکسیدان‌های مهم می‌باشد به مرور زمان در انبار کاهش می‌یابد که دلیل آن

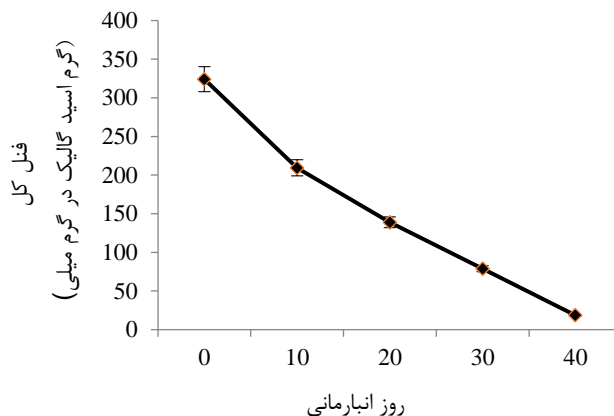
مصرف اسید آسکوربیک به‌عنوان دهنده الکترون برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد با بالار و همکاران (۱۳۹۳). همچنین کاهش میزان اسید آسکوربیک می‌تواند به علت تنفس باشد (آمال^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج بارکا (۲۰۰۱) روی گوجه‌فرنگی و جلیلی‌مردی و همکاران (۱۳۹۱) روی سیب نشان داد که میوه‌های تیمار شده با اشعه UV-C میزان ویتامین ث بیشتری نسبت به شاهد داشتند. گزارش شده تابش نور UV-C موجب تنش در بافت‌های گیاهی می‌شود که بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه دفاعی و فعالیت آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند ویتامین ث را تحریک می‌کند (لیو^۳ و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۹- اثر مدت زمان انبارمانی بر میزان اسید قابل تیتراسیون در میوه چیکو. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.



شکل ۱۰- اثر مدت زمان انبارمانی بر میزان ویتامین ث میوه چیکو. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر زمان بر میزان فنل میوه چیکو طی انبارمانی. میانگین‌ها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند.

(۲۰۱۷)، مقدار نسبتاً بالاتری از ترکیبات فنلی در میوه‌های انگور تیمار شده با فراصوت مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه بسیاری از محصولات باغبانی از جمله چیکو به‌طور عمده به‌صورت تازه‌خوری مصرف می‌شوند، استفاده از مواد شیمیایی برای حفظ کیفیت و به تأخیر انداختن پیری و فساد قابل توصیه نیست. استفاده از پرتوهای فرابنفش و فراصوت از جمله روش‌های غیرشیمیایی کنترل بیماری‌ها و افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه و سبزی‌ها می‌باشد. به‌طور کلی نتایج نشان داد تیمار میوه‌های چیکو با پرتوهای فراصوت به مدت ۶ دقیقه و اشعه UV-C به مدت ۱۰ دقیقه با کاهش درجه پوسیدگی و تأخیر در بروز علائم ظاهری و همچنین حفظ وزن میوه سبب بالاترین کیفیت ظاهری میوه چیکو در طی انبار شد.

تغییرات میزان فنل میوه چیکو طی انبارمانی سرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر پرتوهای فرابنفش و فراصوت بر میزان فنل میوه معنی‌دار ($P \leq 0.05$) نبود و تنها اثر زمان بر این پارامتر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد با گذشت زمان از انبارمانی تا روز ۴۰ میزان فنل میوه به‌طور قابل توجهی کاهش یافت (شکل ۱).

ترکیبات فنلی گروه مهمی از متابولیت‌های ثانویه هستند که به میزان زیادی بر کیفیت محصولات و طعم آنها مانند گسی، تلخی، طعم و رنگ تأثیر 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 یافته که باعث از دست رفتن طعم ترش آن‌ها می‌شود (گونزالس آگوئیلار و همکاران، ۲۰۰۷) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در مطالعه بال و همکاران

منابع

- بابالار، م.، حسینی، م.س.، عسکری، م.ع. و داورپناه، س. ۱۳۹۳. مقایسه کاربرد پوتریسین و تیمار گرمایی بر کیفیت انبارمانی دو رقم گلابی «شاه‌میوه» و «اسپادونا». نشریه علوم باغبانی، ۲۸(۲): ۲۲۸-۲۳۵.
- بی‌نام. ۱۳۹۹ آمارنامه جهاد کشاورزی، جلد سوم. محصولات باغی. میوه‌های گرمسیری. صفحه ۴-۶.
- جلیلی‌مردی، ر.، ناصری، ل.، حاجی‌تقی‌لو، ر. و خرسندی، ع. ۱۳۹۱. اثر پرتو فرابنفش بر کیفیت میوه و عمر انباری دو رقم سیب. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، ۲(۳۵): ۶۳-۵۳.
- خالقی، ع.، دادبین، ا. و اصغری‌مرجانلو، ا. ۱۳۹۸. اثر پرتوهای UV-C بر کنترل پوسیدگی و کیفیت پس از برداشت گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای رقم نیوتن. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۱۰(۳): ۲۲-۱۳.
- میدانی، ج. و هاشمی‌دزفولی، ا. ۱۳۷۶. فیزیولوژی پس از برداشت. نشر آموزش کشاورزی، ۴۰۷ ص.

- هادیان دلجو، م. و ساری خانی، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی اثر سالیسیلیک اسید بر حفظ کیفیت پس از برداشت میوه سیب رقم گلاب کهنز. مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۴(۲): ۷۱-۸۲.
- Amal, S.A., El-Mogy, M.M., Aboul-Anean, H.E. and Alsanius, B.W. 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.
- Anon, A. 2004. Fruits, vegetables and derived products—determination of ascorbic acid—part2: routine method, standard No. 14617-2. Iranian National Standardizations Organization, 1st Edition.
- Bal, E. 2013. Effects of exogenous polyamine and ultrasound treatment to improve peach storability. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(4): 435-440.
- 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.
- Bal, E., Kok, D. and Izzet Torcuk, A. 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.
- 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.
- 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.
- 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(3): 209-215.
- 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.
- Castro, B.M., Jerz, G., Winterhalter, Jerz, P. and Restrepo, Winterhalter y P. Restrepo. 2008. Chlorophyll degradation in banana (*Musa acuminata*) bark during different stages of ripening. pp. 35-36. In: *Memoirs. RED-ALFA LAGROTECH European Community*, Cartagena, Colombia. 202 p.
- Charles, M.T., Tano, K., Asselin, A. and Arul, J. 2009. Physiological basis of UV-C induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit. V. Constitutive defence enzymes and inducible pathogenesis related proteins. *Postharvest Biology and Technology*, 51(3): 414-424.
- Chen, Y., Jiang, Y., Yang, S., Yang, E.N., Yang, B. and Prasad, K.N. 2012. Effects of ultrasonic treatment on pericarp browning of postharvest litchi fruit. *Journal of Food Biochemistry*, 36(5): 613-620.
- Chen, Z. and Zhu, C. 2011. Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 61(2-3): 117-123.
- Costa, L., Vicente, A.R., Civello, P.M., Chaves, A.R. and Martínez, G.A. 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology*, 39(2): 204-210.
- Droby, S., Chalutz, E., Horev, B., Cohen, L., Gaba, V., Wilson, C.L. and Wisniewski, M. 1993. Factors affecting UV-induced resistance in grapefruit against the green mould decay caused by *Penicillium digitatum*. *Plant Pathology*, 42(3): 418-424.
- Ercan, S.S. and Soysal, C. 2013. Use of ultrasound in food preservation. *Natural Science*, 8(2): 5-13.
- Eridinc, B. 2013. Effects of exogenous polyamine and ultrasound treatment to improve peach storability. *Chilean journal of agricultural research*, 73(4):435-440.
- González-Aguilar, G.A., Ayala-Zavala, J.F., Olivas, G.I., De la Rosa, L.A. and Álvarez-Parrilla, E. 2010. Preserving quality of fresh-cut products using safe technologies. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5: 65-72.
- 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.
- Hagen, S.F., Borge, G.I.A., Bengtsson, G.B., Bilger, W., Berge, A., Haffner, K. and Solhaug, K.A. 2007. Phenolic contents and other health and sensory related properties of apple fruit (*Malus domestica*

- Borkh., cv. Aroma): Effect of postharvest UV-B irradiation. *Postharvest Biology and Technology*, 45(1): 1-10.
- Harbaum-Piayda, B., Palani, K. and Schwarz, K. 2016. Influence of postharvest UV-B treatment and fermentation on secondary plant compounds in white cabbage leaves. *Food Chemistry*, 197(15): 47–56.
- Hayat, S., Ali, B. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid: biosynthesis, metabolism and physiological role in plants. *Salicylic acid: A plant hormone*: pp.1-14. Springer.
- 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.
- Ji, L., Pang, J. and Li, S. 2012. Application of new physical storage technology in fruit and vegetable industry. *African Journal of Biotechnology*, 11(25): 6718-6722.
- Karazahin, I., Pekmezci, M. and Erkan, M. 2005. Combined hot water and UV-C treatments reduces postharvest decay and maintains quality of eggplants. *Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production*, 5: 12-16.
- 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.
- 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(4): 495-506.
- Kostman, T., Tarlyn, N., Loewus, F.A.A., and Franceschi, V.R. 2001. Biosynthesis of L-ascorbic acid and conversion of carbons 1 and 2 of L-ascorbic acid to oxalic acid occurs within individual calcium oxalate crystal idioblasts. *Plant Physiology*. 125:634-640.
- Lagnika, C., Adjovi, Y.C., Lagnika, L., Gogohounga, F.O., Do-Sacramento, O., Koulony, R.K. and Sanni, A. 2017. Effect of combining ultrasound and mild heat treatment on physicochemical, nutritional quality and microbiological properties of pineapple juice. *Food and Nutrition Sciences*, 8(2): 227-241.
- 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(1-2): 56-64.
- 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(2): 495-500.
- 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.
- 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(1): 5-15.
- 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(1): 128-133.
- 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.
- Morton, J. 1987. 'Sapodilla', in Morton JF. *Fruits / Warm Climates*, Miami, FL, 393-398.
- Pék, Z., Helyes, L. and Lugasi, A. 2010. Color changes and antioxidant content of vine and postharvest-ripened tomato fruits. *HortScience*, 45(3): 466-468.
- Raviyan, P., Zhang, Z., and Feng, H. 2005. Ultrasonication for tomato pectin methyl esterase inactivation: effect of cavitation intensity and temperature on inactivation. *Journal of Food Engineering*, 70(2): 189-196.
- Rawson, A., Tiwari, B.K., Tuohy, M.G., O'Donnell, C.P. and Brunton, N. 2011. Effect of ultrasound and blanching pretreatments on polyacetylene and carotenoid content of hot air and freeze-dried carrots discs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(5): 1172-1179.
- 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.

- Severo, J., Oliveira, I.R., Tiecher, A., Chaves, F.C. and Rombaldi, C.V. 2015. Postharvest UV-C treatment increases bioactive, ester volatile compounds and a putative allergenic protein in strawberry. *Food Science and Technology*, 64(2): 685–692.
- 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.
- Vicente, A.R., Pineda, C., Lemoine, L., Civello, P.M., Martinez, G.A. and Chaves, A.R. 2005. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology*, 35(1): 69-78.
- Yang, Z., Cao, S., Cai, Y. and Zheng, Y. 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(3): 310-314.
- Yaun, B.R., Sumner, S.S., Eifert, J.D. and Marcy, J.E. 2004. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. *International Journal of Food Microbiology*, 90(1): 1-8.