تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۵ شماره ۲، تابستان ۱۳۹۱

اثر پرتو فرا بنفش بر کیفیت میوه و عمر انباری دو رقم سیب

رسول جلیلی‌مرندی*[۱] لطفعلی ناصری، رامین حاجی تقی لو و علی‌رضا خرسندی[۲]

۱*- **نویسنده مسؤول:** دانشیار علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (r.jalili@urmia.ac.ir)

۲- به ترتیب استادیار، کارشناس ارشد و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۶ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۴

چکیده

دو رقم سیب (گلدن‌دلیشس و رد دلیشس) برای ارزیابی کیفیت میوه و عمر انباری، به مدت ۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه تحت معرض اشعه UV-C (۲۵۴ نانومتر) قرار گرفتند. صفات مورد ارزیابی شامل سفتی، مواد جامد قابل حل، pH، اسیدهای قابل تیتراسیون، اسید آسکوربیک، کاهش وزن، پوسیدگی و کیفیت ظاهری بود که در شروع، اواسط و انتهای انبارداری ثبت گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. نتایج تحقیقات نشان داد که تیمار UV-C بر روی صفات مورد ارزیابی در طی انبارداری و اتمام انبارداری معنی‌دار بود؛ اما پوسیدگی و کیفیت ظاهری بین ارقام مورد آزمایش معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل رقم و تیمار UV-C در صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. براساس نتایج به دست آمده تیمار با پرتو UV-C به مدت ۴۰ و ۶۰ دقیقه در صفات مورد ارزیابی بیشترین اثر را داشت.

کلید واژه‌ها: تشعشع، گلدن دلیشس، عمر انباری، سفتی میوه، پوسیدگی، مواد جامد قابل حل

مقدمه

سطح زیر کشت سیب کشور در سال ۱۳۸۷ در حدود ۲۲ هزار هکتار و میزان تولیدآن ۲/۷ میلیون تن بود (بی نام، ۱۳۸۹) و طبق گزارش فائو در سال ۲۰۰۸ میلادی، ایران از لحاظ تولید سیب رتبه چهارم جهانی را داشته است. با وجود تولید بالای این محصول، بخش اندکی از آن به کشورهای دیگر صادر می‌شود. از دلایل اصلی این مشکل می‌توان به کیفیت پایین میوه‌های تولید شده، شرایط نامناسب برداشت، انبارداری و بازاررسانی اشاره نمود. بدیهی است که برای رفع این مشکل به جای افزایش تولید باید سیاست بهبود کیفیت سیب را در پیش گرفت. امروزه در کنار افزایش تولید، مواردی نظیر افزایش کیفیت (رنگ، طعم، عطر، عمر انباری و غیره) و حفظ محیط زیست از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشد. یکی از روش‌های حفظ کیفیت و افزایش انباری میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده از امواج UV-C است. کاربرد پس از برداشت امواج UV-C در سال‌های اخیر به طور وسیع در بیشتر محصولات مورد آزمایش قرار گرفته و اثرات مثبت آن در کاهش آلودگی‌ها و افزایش عمر انباری و خصوصیات کیفی میوه به اثبات رسیده است (بنجامین[۱]،۲۰۰۴؛ فونسکا و روشینگ[۲]، ۲۰۰۵؛ گونزالز-آگویلار و همکاران[۳]، ۲۰۰۷). با توجه به این که کاربرد امواج UV-C عاری از هر گونه مشکلات جانبی اعم از آلودگی محصول و آلودگی محیط زیست می‌باشد، لذا برای حفظ کیفیت محصول و افزایش عمر انباری باید بیش تر مورد توجه قرار گیرد (استونس و همکاران[۴]، ۱۹۹۶).

1- Benjamin
2- Fonseca & Rushing
3- Gonzalez-Aguilar *et al.*
4- Stevens *et al.*

محدوده امواج UV-C بین ۲۰۰ الی ۲۸۰ نانومتر است و انرژی آنها نسبت به امواج UV-A و UV-B بیشتر بوده و در ضدعفونی محیط‌های آزمایشگاهی، کارگاه‌ها، دستگاه‌ها، فرآورده‌های غذایی و میوه به کار گرفته می‌شود و بقایای رادیو اکتیوی ندارند (موسلی[1]، ۱۹۹۰؛ گاردنر و شاما[2]، ۲۰۰۰). در فرآیندهای فتوشیمیایی، محصول تحت تاثیر شدت نفوذ و مدت زمان تابش قرار می‌گیرد (سومر و همکاران[3]، ۱۹۹۶). موفقیت تیمار با اشعه ماورای بنفش وابسته به طراحی سیستمی است که قادر به کارگیری شدت لازم به سطح نمونه باشد. برخی از عوامل موثر در طراحی این سیستم که بر میزان تاثیر امواج ماورای بنفش موثر است شامل قدرت، طول موج، شکل فیزیکی نمونه، انعکاس و فاصله بین منبع تابش و نمونه می‌باشد و همچنین تاثیر UV-C بر میکروب‌زدایی نمونه‌ها بستگی به عوامل مختلفی دارد. در این مورد شکل باکتری، محل قرار گرفتن اسپورهای قارچ‌ها، مرحله رویشی قارچ‌ها و میزان مقاومت پاتوژن‌ها موثر می‌باشد (کالابرس و بالدوین[4]، ۲۰۰۳).

تابش UV-C علاوه بر این که موجب افزایش عمر انباری محصولات می‌شود، همچنین باعث افزایش فنول-ها و فلاونوئیدها و فعالیت آنزیمی فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز[5] می‌شود (گونزالز-آگویلار و همکاران، ۲۰۰۷). افزایش سطح تولید فلاونوئیدها به ویژه آنتوسیانین در پوست میوه ناشی از تابش UV-C می‌باشد و آنتوسیانین به عنوان یک فیلتر محافظت‌کننده در مقابل اثرات مضر UV-C عمل می‌کند (بارکا[6]، ۲۰۰۱). در گیاه جعفری نیز تیمار با با تابش UV-B منجر به فعال شدن ژن‌های کدکننده چرخه تولید فلاونوئیدها گردید (استرید و همکاران[7]، ۱۹۹۴). همچنین تیمار میوه‌های مرکبات، انگور و هلو با امواج UV-C سبب افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین-آمونیالیاز گردیده است (چولتز و همکاران[8]، ۱۹۹۲؛ استونس و همکاران، ۱۹۹۸). اتیلن در فرآیند رسیدن محصول نقش دارد و سنتز این گاز در میوه‌های فرازگرا نظیر سیب، بیشتر از میوه‌های نافرازگرا می‌باشد (جلیلی مرندی،۱۳۸۷؛ راحمی، ۱۳۸۷). متیونین ماده اولیه اتیلن و پلی‌آمین‌ها می‌باشد. پلی‌آمین‌ها گروهی از ترکیبات نیتروژن‌دار هستند که در پاسخ به شرایط تنش‌های محیطی در گیاه تجمع پیدا می‌کنند. شدت پایین امواج ماورای بنفش سبب افزایش پلی‌آمین‌ها به ویژه پوترسین گردیده و در نتیجه موجب کاهش آمینوسیکلوپروپان-کربسیلیک اسید[9] و میزان اتیلن شده و این امر سبب سفتی بیشتر و تاخیر رسیدگی میوه می‌گردد (استونس و همکاران، ۱۹۹۸؛ جلیلی‌مرندی،۱۳۸۷).

امواج ماورای بنفش همانند سایر عوامل تنش‌زا سبب فعال شدن ژن‌های مرتبط با مکانیزم دفاع سلولی شده (کانکانی و همکاران[10]،۱۹۹۶) و در نتیجه تیمار با امواج ماورای بنفش باعث فعال شدن سیستم انتقال علایم و در نتیجه سبب تولید ترکیباتی نظیر اسیدجاسمونیک می-گردد (کرلمن و مولت[11]، ۱۹۹۵). نتایج نشان می‌دهند که تیمار میوه‌های گوجه فرنگی با UV-C باعث افزایش مقاومت به بیماری‌ها شده و فیتوآلکسین‌ها و ترکیبات مقاومت به بیماری بیشتر می‌شود (چاریس و همکاران[12]، ۲۰۰۸). اثرات ضدمیکروبی امواج ماورای بنفش در باکتری‌ها منجر به تشکیل دیمرهای پیریمیدین و تیمین می‌شود. دیمرها از تشکیل زنجیره‌های جدید DNA در فرآیند تقسیم سلولی و در نتیجه از فرآیند تکثیر جلوگیری می‌کنند (انشمینگر[13]، ۱۹۹۳؛ ساستری و همکاران[14]،۲۰۰۰). در اثر دیمریزاسیون و شکستگی

1- Moseley
2- Gardner & Shama
3- Sommer *et al.*
4- Calabrese & Baldwin
5- Phenylalanine ammonia lyase (PAL)
6- Barka
7- Strid *et al.*
8- Cholutz *et al.*
9 Amino cyclopropane carboxylic acid (ACC)
10- Conconi *et al.*
11- Creelman & Mullet
12- Charies *et al.*
13- Ensminger
14- Sastry *et al.*

DNA، باکتری‌ها قدرت تولید مثل و تکثیر خود را از دست می‌دهند (ساستری و همکاران، ۲۰۰۰). امواج UV-C در کنترل بیماری‌های قارچی نیز موثر می‌باشند. براساس آزمایش‌های انجام شده تیمار با امواج UV-C بیماری‌های قارچی سیب و هلو را کاهش می‌دهد (استرید و همکاران، ۱۹۹۴). همچنین تیمار به وسیله امواج UV-C باعث کاهش پوسیدگی قهوه‌ای در میوه هلوی آلبرتا، پوسیدگی آلترناریایی، پوسیدگی قهوه‌ای و لکه تلخ در سیب لبنانی زرد و پوسیدگی لکه سبز میوه انگور و پرتقال دانسی گردید (استونس و همکاران، ۱۹۹۶).

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر تابش پرتو فرا بنفش بر کیفیت و عمر انباری سیب‌های گلدن دلیشس و رد دلیشس که به طور تجاری و در سطح وسیع در منطقه شهرستان ارومیه و اطراف آن پرورش داده می‌شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه‌های فیزیولوژی پس از برداشت گروه باغبانی دانشگاه ارومیه انجام گرفت. برای این منظور میوه‌های یک‌نواخت، سالم دو رقم سیب گلدن‌دلیشس بعد از ۱۷۰ روز و رددلیشس بعد از ۱۵۰ روز از زمان تمام گل و در مرحله رسیدگی تجاری (همتی و همکاران[1]، ۲۰۰۷) که از باغات سیب شهرستان ارومیه تهیه شده بود در جعبه‌های مخصوص جهت تیمار آماده شدند. برای انجام تیمار اشعه UV-C از لامپ مخصوص جرمیسیدال[2] ۹۰ سانتی‌متر و ۳۰ وات با طول موج ۲۵۴ نانومتر (Lamp UV-C 254nm8×50mm Germcidal) با شدت $۱/۴۳۵ \times ۱۰^{-۴}$ وات بر سانتی‌متر مربع استفاده شد (همتی و همکاران، ۲۰۰۷). برای این منظور لامپ فرابنفش بر روی یک پایه فلزی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از بالای جعبه مخصوص تیمار قرار گرفت و بر بالای لامپ فرابنفش یک لایه ورقه فلزی شفاف جهت جلوگیری از پخش شدن نور در محیط استفاده شد. سپس دو سمت میوه‌های داخل جعبه‌ها به مدت مساوی از فاصله ۳۰ سانتی‌متری تحت معرض امواج UV-C قرار داده شد (استونس و همکاران ، ۱۹۹۶). طول مدت پرتودهی به صورت بدون تیمار (شاهد)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه برای میوه‌های هر دو رقم سیب بود. هر یک از دو سمت میوه به مدت نصف زمان‌های ذکر شده تحت معرض پرتودهی قرار گرفت. پس از پرتودهی، به منظور انجام فعالیت‌های فتوشیمیایی (گائوت و همکاران[3]، ۲۰۰۳)، میوه‌ها در شرایط نور معمولی اتاق به مدت یک هفته در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و بعد از آن به سردخانه گروه باغبانی انتقال و در دمای ۱±۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد به مدت ۶ ماه انبار گردیدند.

به منظور بررسی تغییرات کیفی میوه در طی نگهداری در انبار، در سه مرحله (ماه‌های مهر، دی و اسفند) نمونه‌برداری انجام گرفت و آزمایش‌های کمی و کیفی نظیر سفتی گوشت میوه، pH آب میوه، مواد جامد قابل حل، اسیدهای قابل تیتراسیون، اسیدآسکوربیک، میزان کاهش وزن میوه، درصد میوه‌های پوسیده و کیفیت ظاهری میوه انجام شد.

برای اندازه‌گیری سفتی گوشت میوه از دستگاه سفتی‌سنج[4] مدل FT 327 و با قطر پیستون هشت میلی-متری استفاده شد و واحد آن بر حسب نیوتن (N) یاداشت گردید. مقدار pH آب میوه توسط دستگاه pH متر مدل CP-411 اندازه‌گیری شد. مواد جامد قابل حل به وسیله دستگاه رفراکتومتر دستی مدل ATAGO بر حسب درجه بریکس اندازه‌گیری گردید. اسیدهای قابل تیتراسیون (اسیدهای آلی) به روش تیتراسیون توسط هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال و اسید آسکوربیک به روش یدومتری اندازه‌گیری گردید (همتی و همکاران،

1- Hemmaty *et al.*
2- Germicidal
3- Ghaouth *et al.*
4- Penetrometer

۲۰۰۷؛ جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۷). برای ارزیابی میزان کاهش وزن میوه‌ها در ابتدای آزمایش (مهرماه) میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی مدل CANDGL 300 وزن شده و سپس در دی‌ماه و اسفند ماه دوباره توزین گردیده و درصد کاهش میوه‌ها یادداشت گردید (جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۷).

برای ارزیابی پوسیدگی میوه، درصد میوه‌های پوسیده دی‌ماه و اسفند ماه ثبت گردید. برای محاسبه درصد پوسیدگی ابتدا میوه‌ها بر حسب درصد پوسیدگی سطح میوه به پنج سطح تقسیم شدند. سطح صفر، میوه‌هایی بودند که میزان پوسیدگی در میوه صفر درصد بود. سطح یک، میوه‌هایی بودند که زیر ۲۵ درصد پوسیدگی داشتند در سطح دو، میزان پوسیدگی بین ۲۵ الی ۵۰ درصد، در سطح سه بین ۵۰ الی ۷۵ درصد و در سطح چهار میزان پوسیدگی بیشتر از ۷۵ درصد بود.

ارزیابی کیفیت میوه‌ها بر حسب روش نمره‌دهی انجام گرفت. نمره ۱ معرف کیفیت خیلی ضعیف، نمره ۲ ضعیف، نمره ۳ متوسط، نمره ۴ خوب، نمره ۵ عالی و نمره ۶ خیلی عالی بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل رقم سیب (سیب گلدن‌دلیشس و رد دلیشس) و فاکتور دوم مدت پرتودهی با UV-C در چهار سطح (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه) بود. برای هر یک از زمان‌های اندازه‌گیری به طور جداگانه آنالیز آماری انجام گرفت. هر واحد آزمایشی متشکل از ۱۳میوه بود و در مجموع ۴۱۶ میوه مورد آزمایش قرار گرفت. تجزیه آماری داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS و MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در دو رقم سیب تحت تاثیر مدت پرتودهی با اشعه UV-C را نشان می‌دهد. براساس نتایج این جدول نوع رقم به غیر از درصد میوه پوسیده و کیفیت ظاهری، در بقیه صفات معنی‌دار بود. پرتودهی با UV-C بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود اما اثر متقابل رقم و اشعه UV-C بر روی صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود.

جدول ۲ تاثیر نوع رقم سیب بر روی صفات اندازه‌گیری شده در طی انبارداری را نشان می‌دهد. چنان که

جدول۱- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده میوه‌های سیب گلدن‌دلیشس و سیب رددلیشس.

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات						
		سفتی	pH	TSS	اسیدهای آلی کل	اسید آسکوربیک	کاهش وزن	درصد میوه پوسیده	کیفیت ظاهری
رقم	۱	۰/۲۱۹**	۰/۲*	۴/۳۵۱**	۰/۰۴۱**	۴/۱۲۶**	۳۶/۱۲۳**	۰/۰۱۴ns	۰/۱۲۵ns
زمان پرتو دهی	۳	۰/۸۳۸**	۰/۰۱۳*	۸/۸۰۵**	۰/۰۷۲**	۶/۳۵۰**	۱۳/۲۶۴**	۰/۶۸۷**	۲۱/۸۷۵**
اثرات متقابل رقم و زمان پرتودهی	۳	۰/۰۲۶ns	۰/۰۰۳ns	۰/۶۲۷ns	۰/۰۰۳ns	۰/۲۹۸ns	۰/۰۴۸ns	۰/۰۲۳ns	۰/۰۴۲ns
اشتباه آزمایشی	۲۴	۰/۰۱۱	/۰۰۳	۰/۳۶۷	۰/۰۰۳	۰/۳۱۰	۰/۳۸۵	۰/۰۳۷	۰/۳۷۵
ضریب تغییرات (٪)		۳/۴۰	۱/۴۴	۴/۲۷	۱۰/۲۶	۵/۹۱	۱۶/۲۳	۱۹/۷۷	۱۶/۶۱

*، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪، ۱ ٪ و غیر معنی‌دار.

جدول ۲ - تاثیر نوع رقم سیب بر صفات اندازه‌گیری شده

پرتو UV-C	سفتی (نیوتن)			pH			TSS (بریکس)			اسیدهای آلی کل (گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر)		
	۷روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۷روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۷روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۷روز	۹۰روز	۱۸۰روز
سیب گلدن دلیشیز	۵۲/۹۳^{a}	۳۹/۶۵^{b}	۳۱/۳۲^{a}	۴/۰۵۹^{a}	۳/۸۰۳^{b}	۴/۰۱۳^{a}	۱۰/۸۶۵^{a}	۱۳/۱۶۵^{a}	۱۳/۸۱۳^{b}	۰/۹۵۸^{a}	۰/۷۰۵^{a}	۰/۵۸۹^{a}
سیب رد دلیشیز	۵۱/۳۰^{a}	۴۷/۹۵^{a}	۲۹/۶۹^{b}	۴/۱۴۶^{a}	۳/۸۸۱^{a}	۳/۹۶۳^{b}	۱۰/۸۵۵^{a}	۱۲/۹۱^{b}	۱۴/۵۵^{a}	۰/۹۵۴^{a}	۰/۶۶۲^{b}	۰/۵۱۸^{b}

*حروف غیرمشابه هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ ٪ در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشند.

ادامه جدول ۲ - تاثیر نوع رقم سیب بر صفات اندازه‌گیری شده

پرتو UV-C	اسید آسکوربیک (گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر)			کاهش وزن		کیفیت ظاهری		پوسیدگی (درصد)	
	۷روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۹۰روز	۱۸۰روز
سیب گلدن دلیشیز	۱۰/۹۷۲^{b}	۹/۹۲۹^{b}	۹/۰۶۳^{b}	۲/۶۷۱^{a}	۴/۸۸۷^{a}	۵/۰^{a}	۳/۶۲۵^{b}	۰/۹۰۱^{b}	۰/۹۸۸^{a}
سیب رد دلیشیز	۱۲/۳^{a}	۱۰/۳۳۸^{a}	۹/۷۸۱^{a}	۱/۳۹۵^{b}	۲/۷۶۲^{b}	۴/۸۷۵^{b}	۳/۷۵^{a}	۰/۹۲۳^{a}	۰/۹۴۶^{b}

*حروف غیرمشابه هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ ٪ در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشند.

در این جدول مشاهده می‌شود، سفتی میوه، pH، اسیدهای آلی و درصد کاهش وزن در میوه‌های سیب گلدن‌دلیشس، در دوره اتمام دوره انبارداری بیشتر از سیب رددلیشس بود. چنان که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میزان سفتی گوشت میوه در تیمارهای پرتودهی به مدت ۴۰ و ۶۰ دقیقه بیشتر از ۲۰ دقیقه و میوه‌های شاهد بود و افزایش مدت تیمار پرتودهی اثر مثبت بر سفتی گوشت میوه داشت.

بر اساس نتایج این جدول کاهش سفتی در میوه‌های شاهد به مراتب بیشتر از میوه‌های تیمار شده با UV-C بود. نتایج آزمایش نشان داد که تیمار با UV-C سبب حفظ سفتی گوشت میوه‌های گوجه فرنگی، مرکبات، هلو، گیلاس، سیب، انگور، توت فرنگی و هویج می‌شود و با نتایج این تحقیق هماهنگ می‌باشد (استونس و همکاران، ۱۹۹۶؛ مرسیر و همکاران[1]، ۲۰۰۰؛ گونزالز- آگویلار و همکاران، ۲۰۰۷؛ بارکا، ۲۰۰۱). تیمار با پرتو UV-C سبب جلوگیری از اتیلن و متوقف شدن آنزیم‌های موثر نرم شدن میوه‌ها (پلی‌گالاکتروناز، پکتین‌متیل‌استراز و پروتئاز) و همچنین کاهش سرعت تنفس موجب حفظ سفتی میوه‌ها می‌شود (استونس و همکاران، ۲۰۰۴؛ ویسنت و همکاران[2]، ۲۰۰۵).

چنان که در جدول۳ مشاهده می‌شود میزان pH آب میوه‌های تیمار شده با UV-C بیشتر از میوه‌های شاهد بود و براساس نتایج این جدول طی دوره انبارداری میزان pH میوه‌ها افزایش یافت و براساس اظهار محققان در اکثر میوه‌ها، طی انبارداری میزان pH افزایش می‌یابد و این دلیل کاهش اسیدهای آلی در طی دوره نگهداری می‌باشد (پرکینس- ویازی[3]، ۲۰۰۷) و با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. میزان pH معرف اسیدی و یا قلیایی بودن محصولات باغی می‌باشد، اما میزان pH میوه همیشه با مقدار اسیدهای آلی محصولات رابطه مستقیم ندارد؛ زیرا pH به غلظت یون هیدروژن آزاد و ظرفیت تثبیت غلظت یون هیدروژن آب میوه بستگی دارد (راحمی، ۱۳۸۷). علاوه بر اسیدها احتمال دارد مواد دیگر موجود در میوه نیز بر pH تاثیر داشته باشد (جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۷). در این تحقیق به نظر می‌رسد که تیمار UV-C با حفظ اسیدهای آلی (جدول ۳) باعث تثبیت pH گردیده است؛ اما تاثیر این تیمار به نوع میوه بستگی دارد. در برخی از پژوهش‌های انجام گرفته، پرتو UV-C تاثیری در pH میوه نداشته است (استونس و همکاران، ۲۰۰۵). بر اساس نتایج جدول ۳ میزان مواد جامد قابل حل (TSS) در تیمار UV-C به مدت ۴۰ و ۶۰ دقیقه کمتر از تیمار UV-C به مدت ۲۰ دقیقه و میوه‌های شاهد بود. طی دوره انباری میزان مواد جامد قابل حل افزایش یافت و این افزایش در میوه‌های شاهد بیشتر از میوه‌های تیمار شده با UV-C بود.

بر اساس اظهار پژوهشگران تجزیه قندهای مرکب به قندهای ساده و همچنین شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلیمری از جمله عوامل موثر در افزایش میزان مواد جامد قابل حل میوه در طی انبارداری میوه‌ها می‌باشد (میدانی و هاشمی، ۱۳۷۶؛ جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۷؛ راحمی، ۱۳۸۷) و با نتایج این تحقیق مطابق می‌باشد. تیمار با UV-C سبب جلوگیری از عمل آنزیم‌های هیدرولیزکننده قندها به ویژه پلی‌گالاکتروناز شده و در نتیجه کربوهیدرات‌ها تا اتمام دوره انبارداری به صورت پلیمر و قندهای مرکب باقی می‌ماند این امر با کنترل کاهش آب میوه و تثبیت مواد جامد قابل حل نیز در ارتباط بوده (لیو و همکاران[4]، ۱۹۹۳؛ استونس و همکاران، ۲۰۰۴؛ استونس و همکاران، ۲۰۰۵؛ ویسنت و همکاران، ۲۰۰۵) و با نتایج این تحقیق هماهنگ است.

چنان که در جدول ۳ مشاهده می‌شود میزان اسیدهای آلی در میوه‌های تیمار شده با UV-C بیشتر از میوه‌های شاهد بود و میزان اسیدهای آلی در تیمار ۴۰ دقیقه با اشعه

1- Mercier *et al.*
2- Vicente *et al.*
3- Perkins-Veazie
4- Liu *et al.*

جدول ۳ -تاثیر پرتودهی UV-C بر صفات اندازه‌گیری شده

پرتو UV-C	صفات اندازه‌گیری شده											
	سفتی (نیوتن)			pH			TSS (بریکس)			اسیدهای آلی (گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر)		
	۷روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۷روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۷روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۷روز	۹۰روز	۱۸۰روز
شاهد	۵۱/۹۲^{a}	۳۵/۱۹^{c}	۲۶/۳۱ ^{c}	۴/۰۹۳^{a}	۳/۸۳۶^{b}	۳/۹۳۱^{b}	۱۰/۸۶^{a}	۱۴/۱۵^{a}	۱۵/۴۹^{a}	۰/۹۴۴^{a}	۰/^{c} ۶۲۹	۰/۴۱۸^{c}
۲۰	۵۱/۹۸^{a}	۳۸/۹۲^{b}	۲۹/۷۲^{b}	۴/۰۴۸^{a}	۳/۸۶۲^{a}	۴/۰۰۰^{a}	۱۰/۷۹^{a}	۱۲/۹۳^{b}	۱۴/۵۵^{b}	۱/۰۰۰^{a}	۰/۶۶۱^{b}	۰/۵۵۶^{b}
۴۰	۵۲/۴۷^{a}	۴۰ /۸۴^{a}	۳۲/۶۷^{a}	۴/ ۰۰۰^{a}	۳/۸۲۲^{b}	۳/۳۹۹۴^{a}	۱۰/۸۵^{a}	۱۲/۳۸^{c}	۱۳/۵۱^{c}	۰/۹۲۸^{a}	۰/۷۴۴^{a}	۰/۶۲۶ ^{a}
۶۰	۵۲/۱۰^{a}	۴۰/۷۰^{a}	۳۳/۲۸^{a}	۴/۲۷۱^{a}	۳/۸۴۸^{a}	۴/۰۲۶^{a}	۱۰/۹۴^{a}	۱۲/۶۹^{c}	۱۳/۱۸^{c}	۰/۹۴۸^{a}	۰/۷۰۱^{ab}	۰/۶۱۲^{ab}

*حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ ٪ در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشند.

ادامه جدول۳- تاثیر پرتودهی UV-C بر صفات اندازه گیری شده

پرتو UV-C	صفات اندازه‌گیری شده										
	اسید آسکوربیک (گرم بر ۱۰۰ میلی لیتر)			کاهش وزن (درصد)		کیفیت ظاهری		پوسیدگی (درصد)			
	۷روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۹۰روز	۱۸۰روز	۹۰روز	۱۸۰روز		
شاهد	۱۱/۴۵^{a}	۹/۵۵^{c}	۸/۰۸۷^{b}	۳/۱۹۸^{a}	۵/۷۰۸^{a}	۳/۲۵^{c}	۱/۵^{c}	۱/۲۶۵^{a}	۱/۳۵۵^{a}		
۲۰	۱۱/۳۷^{a}	۱۰/۰۳^{b}	۹/۸۸۲^{a}	۱/۶۲۵^{b}	۳/۴۷۳^{b}	۴/۸۷۵^{b}	۳/۳۷۵^{b}	۰/۹۶۵^{b}	۱/۰۲۹^{b}		
۴۰	۱۱/۹^{a}	۱۰/۴۵^{a}	۹/۸۱۴^{a}	۱/۴۶۸^{b}	۲/۸۰۲^{b}	۶ ^{a}	۵/۲۵^{a}	۰/۷۱^{c}	۰/۷۱^{c}		
۶۰	۱۱/۸۳^{a}	۱۰/۵^{a}	۹/۹۰۵^{a}	۱/۸۴۴^{b}	۳/۳۱۶^{b}	۵/۶۲۵^{a}	۴/۶۲۵^{a}	۰/۷۱^{c}	۰/۷۷۳۸^{c}		

*حروف غیرمشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ ٪ در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشند.

UV- C بیشتر از بقیه تیمارها بود. براساس نتایج این جدول میزان اسیدهای آلی در طی انبارداری کاهش نشان داد. معمولاً علت کاهش اسیدهای آلی طی رسیدن میوه در اثر مصرف در پدیده تنفس و یا تبدیل به قندها می‌باشد؛ و این کاهش به فعالیت‌های متابولیکی میوه‌های بستگی دارد (میدانی و هاشمی، ۱۳۷۶؛ جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۷؛ راحمی، ۱۳۸۷). در واقع اسیدهای آلی به عنوان منبع اندوخته انرژی می‌باشند که در هنگام رسیدن با افزایش سوخت و ساز مصرف می‌شوند (میدانی و هاشمی، ۱۳۷۶؛ جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۷؛ راحمی، ۱۳۸۷). در این تحقیق به نظر می‌رسد که تیمار با UV-C سبب کاهش تنفس و همچنین اتیلن گردیده و در نتیجه میزان اسیدهای آلی به ویژه در تیمار UV-C به مدت ۴۰ دقیقه بیشتر بود و با نتایج برخی تحقیقات همخوانی دارد (ماهاراج و همکاران[1]، ۱۹۹۹؛ ویسنت و همکاران[2]، ۲۰۰۵).

بر اساس نتایج جدول ۳ در تیمار با UV-C میزان اسیدآسکوربیک میوه‌ها در هر سه مدت ۲۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه بیشتر از میوه‌های شاهد بود و طی انبارداری میزان اسیدآسکوربیک در میوه‌ها کاهش یافت و این کاهش در میوه‌های تیمار نشده بیشتر بود. اسید آسکوربیک یک ماده آنتی‌اکسیدان می‌باشد که در حین رشد و نمو محصولات افزایش یافته و بعد از برداشت در اثر فعالیت تجزیه‌ای آنزیم آسکوربیک-اسیداکسیداز میزان آن کاهش می‌یابد (فونسکا و روشینگ، ۲۰۰۵). موارد فوق با نتایج این آزمایش مطابق می‌باشد. در ضمن بر اساس برخی تحقیقات امواج UV-C سبب توقف فعالیت آنزیم آسکوربیک اسیداکسیداز گردیده و در نتیجه کاهش میزان اسیدآسکوربیک در میوه‌ها کمتر می‌باشد (لیو و همکاران، ۱۹۹۱؛ ویسنت و همکاران، ۲۰۰۵).

در میوه‌های تیمار شده با UV-C میزان کاهش وزن کمتر از میوه‌های تیمار نشده ارقام سیب مورد آزمایش بود (جدول۳) و در طی انبارداری میزان کاهش وزن میوه‌ها افزایش نشان داد و این افزایش در میوه‌های تیمار نشده بیشتر بود. براساس نتایج آزمایش‌های دیگر نیز مشخص گردیده است که پرتو UV-C با کاهش سرعت تنفس و حفظ سفتی میوه موجب حفظ آب در بافت‌ها گردیده و میوه‌ها وزن خود را حفظ می‌کنند (استونس و همکاران، ۲۰۰۴؛ ویسنت و همکاران، ۲۰۰۵؛ لوتریا و همکاران، ۲۰۰۶؛ گونزالز-آگویلار و همکاران، ۲۰۰۷).

میزان پوسیدگی میوه‌ها در تیمارهای ۴۰ و ۶۰ دقیقه با UV-C کمتر از تیمار ۲۰ دقیقه با UV-C و میوه‌های شاهد بود (جدول۳) و میزان پوسیدگی به طور کلی در طی انبارداری افزایش نشان داد و این افزایش در میوه‌های تیمار نشده بیشتر بود. بر اساس نتایج تحقیقات مختلف، مشخص گردیده است که تیمار با UV-C سبب تولید متابولیت‌های ثانویه در میوه‌ها می‌شود (بنتسیس و همکاران[3]،۲۰۰۰) تیمار به وسیله UV-C باعث ایجاد تنش خفیف گردیده و منجر به فعال شدن ژن‌های مرتبط با دفاع سلولی می‌گردد (کالابرس و بالدوین[4]، ۲۰۰۳). این پدیده منجر تولید فیتوآلکسین‌ها، فنول‌ها، اسید جاسمونیک، مواد ضد قارچ و پروتئین‌های مرتبط با دفاع سلولی می‌شود و میوه‌ها را از عوامل پوسیدگی محافظت می‌کند (پن و همکاران[5]، ۲۰۰۴؛ همتی و همکاران، ۲۰۰۷؛ چاریس و همکاران، ۲۰۰۸).

تیمار با UV-C بر کیفیت ظاهری میوه‌های ارقام مورد آزمایش تاثیر مثبت داشت و در تیمار ۴۰ و ۶۰ دقیقه توسط UV-C میوه‌ها از کیفیت بهتر برخوردار بودند (جدول۳). تیمار به وسیله UV-C تاثیر منفی

1- Maharaj *et al.*
2- Vicente *et al.*
3- Bintsis *et al.*
4- Calabrese & Baldwin
5- Pan *et al.*

بـر کیفیـت میـوه‌هـا نـدارد و سـبب حفـظ کیفیـت و بازارپسندی میوه‌ها بـا حـذف عوامـل میکروبـی بافـت میوه، تولید متابولیت‌های ثانویه، کاهش تولید اتـیلن و حفـظ سـفتی و جلـوگیری از کـاهش وزن میـوه تـاثیر مثبت بر کیفیت ظاهری میوه‌ها دارد.

با توجه به نتایج فوق به نظر می‌رسد تیمار میوه‌های سیب لبنانی زرد و سیب لبنانی قرمز بـه مـدت ۴۰ و یـا ۶۰ دقیقه تاثیر مثبت در حفظ کیفیت در طی انبارداری دارد.

منابع

۱. بی‌نام. ۱۳۸۹. نتایج طـرح آمـارگیری نمونـه ای محصـولات بـاغی "سـال ۱۳۸۷ ". دفتـر آمـار و فنـاوری اطلاعـات. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، ۹۵ ص.

۲. جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۸۷. فیزیولوژی بعد از برداشت (جابجایی و نگهداری میـوه، سـبزی و گیاهـان زینتـی). انتشـارات جهاد دانشگاهی ارومیه، ۲۷۶ ص.

۳. راحمی، م. ۱۳۸۷. (مترجم). تالیف ران‌ویلس، بادی مک‌گلاسون، داگ‌گراهام و داریل‌جـویس. فیزیولـوژی پـس از برداشت. انتشارات دانشگاه شیراز، ۴۳۷ ص.

۴. میدانی، ج. و هاشمی،س. ۱۳۷۶. فیزیولوژی پس از برداشت. نشر آموزش کشاورزی، ۴۰۳ ص.

5. Barka, E.A. 2001. Protective enzymes against oxygen species during ripening of tomato (*Lycopersicon esculantum*) fruits in response to low amounts of UV-C. Australian Journal of Plant Physiology, 28:785-791.

6. Benjamin, E.U. 2004. The genetics of anthocyanin redding in apple fruit skin. Department of Crop Science. Food Agriculture and Environment, 2:163-165.

7. Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., and Robinson, R.k. 2000. Existing and potential application of ultraviolet light in the food industry- a critical review, Food Agriculture, 80:637-645.

8. Calabrese, E.J., and Baldwin, L.A. 2003. The hormetic dose response model is more common than the threshold model in toxicology. Toxic Science, 71:246-250.

9. Cholutz, E., Droby, S., Wilson, C.L., and Wisniewski, M.E. 1992. UV-induced resistance to postharvest disease of citrus fruit. Journal of Photochemistry and Photobiology, 15:367-374.

10. Charies, M.T., Mercier,J., Makhlouf, J., and Arul,J.2008. Physiological basis of UV-C-induced resistance to *Botrytis cinerea* in tomato fruit: I. Role of pre- and postchallenge accumulation of the phytoalexin-rishitin. Postharvest Biology and Technology,47(1):10-20.

11. Conconi, A., Smerdon. M.J., Howe, G.A., and Ryan, A.C. 1996. The octodecanoid signaling pathway in plants mediates a radiation. Nature, 383:826-829.

12. Creelman, R.A., and Mullet, J.E. 1995. Jasmonic acid distribution and action in plants: regulation during development and response to biotic and abiotic stress. Academic Science, 92:41114-4119.

13. Ensminger, P.A. 1993.Control of development in plants and fungi by far-UV radiation. Plant Physiology,88: 501-508.

14. Fonseca, J.M., and Rushing, J.W. 2005. Effect of Ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. The University of Arizona and Clemson, USA. Postharvest Biology and Technology, 40: 256-261.

15. Gardner, D.W.M., and Shama, G. 2000. Modeling UV-induced inactivation of microorganisms on surfaces. Journal of Food Protection, 63:63-70.

16. Ghaouth, A.E. and Wilson, C.L., and Callaban, A.M. 2003. Induction of chitinase, β-1 ,3-glucanase and phenylalanine ammonia lyase in peach fruit UV-C treatmen . Phytopathology, 93:349-355.

17. Gonzalez-Aguilar, G.A., Wang, C.Y., Buta.J.G., and krizek, D.T. 2001. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins', Mongoes. International Journal of Food Science and Technology, 36:367-773.

18. Gonzalez-Aguilar, G.A., Zavaleta-Gaticaa, R., and Tiznado-Hernandeza, M.E. 2007. Improving postharvest quality of mango Haden by UV-C treatment. Postharvest Biology and Technology, 45:108-116.

19. Hemmaty, S., Moallemi, N., and. Naseri, L. 2007. Effect of UV-C radiation and hot water on the calcium content and postharvest quality of apples. Spanish Journal of Agricultural Research, 5(4), 559-568.

20. Liu, J.Y., Stevens, C.,khan, V.A., and Kobwe, M. 1991. The effect of ultraviolet irradiation of shelf-life and ripening of peaches and apples. Journal of Food Quality, 14:299-305.

21. Liu, J., Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L., and Adeyeye, O.1993. Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes. Journal of Food Protection, 56:868-872.

22. Luthria, D.L., Mukhopadhyay, S., and Krizek, D.T. 2006. Content of total phenolics and phenolic acids in tomato fruits as inffuenced by cultivar and solar UV radiation. Food Composition Laboratory. Journal of Food Compostion and Analysis, 19:771-777.

23. Maharaj, R., Arul, J., and Nadeau,P. 1999. Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum*). Postharvest Biology and Technology, 15(1):13-23.

24. Mercier, J.,Roussel, D., Charles, M.T., and Arul, J. 2000. Systemic and local responses associated with UV-and pathogen- Induced resistance to *Botrytis cinerea* in stored carrot. Phytopathology, 90:981-986.

25. Moseley, B.1990. Irradiation of Food. Food Control, 1:205-206.

26. Pan, J., Vicente, A., Martinez, G., Chaves, A., and Civello, M. 2004. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. Food and Expermental Botany, 45:1-9.

27. Perkins-Veazie, P. 2007. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. Postharvest Biological Technology, 10:1005-1016.

28. Sastry, S.K., Datto, A.K., and Worobo, R.W. 2000. Ultraviolt light. In kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies. Food Science, 50:90-92.

29. Sommer, P., Kremmer, E., Bier, S., Konig, S., Zolud, P., Zeppezauer, M., Jones, F.J., Mueller-Lantzsch, N., and Grasser, F.A. 1996. Cloning and expression of the Epstein-Barr Virus-encoded dUTPase: patients with acute, reactivated or chronic virus infection develop antibodies against the enzyme. Journal of General Virology,77:2795-2805.

30. Stevens, C., Khon, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L., EI Ghaouth, A., Cholutz, E., and Doroby, S. 1996. Low dose UV-C Light as a new approach to contral decay of harvested commodities. Plant Pathology, 1:155-169.

31. Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L. Pusey, P.L., and Kabwe, M.K. 1998. The germicidal and hormetic effect of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches, Crop Protection, 17:75-84.

32. Stevens, C.,Khan, V.A., Wilson, G.L., Lu, J.Y., Chalutz, E., and Droby, S.2004. The effect of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygolacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes, Crop Protection, 23:551-554.

33. Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.Y., and Droby, S. 2005. The effect of fruit orientation of postharvest commodities following low dose ultraviolet-C treatment on host induced resistance to decay. Crop Protection, 24:756-759.

34. Strid, A. Chow, W.S., and Anderson, J.M. 1994. UV-B damage and protection at the molecular level in plants. Photosynthesis Research, 39:475-789.

35. Vicente, A.R., Pinedac, C.,Lemoinea, L., Civellob, P.M., Martinezb, G.A., and Chaves, A.R. 2005. UV-C treatments reduce decay, Retain quality and alleviate chilling injury in pepper. Pastharvest Biology and Technology, 35:69-78.