مقاله پژوهشی

تأثیر پرتودهی UV-C و تیمار دیفنیلیودونیوم یدید (DPI) بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی میوه فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* var. Nirvin) طی دوره پس از برداشت

مهرداد نظری[۱]، فریبا خلیلی[۲*]، راهله ابراهیمی[۱]، یونس مستوفی[۳]، مهرداد جعفرپور[۲]

[۱] گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] گروه علوم باغبانی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

[۳] گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۷/۲۶)

چکیده

فلفل دلمه‌ای از مهم‌ترین سبزی‌های تجاری و خاص با عمر پس از برداشت کوتاه و حساسیت بالا به بیماری‌های قارچی است. بدین منظور پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تحت پرتودهی UV-C (سطوح صفر، ۵ و ۱۰ کیلوژول بر متر مربع بر ثانیه) و DPI (غلظت‌های صفر و ۱ میکرومولار) در سه تکرار اجرا و تغییرات صفات در روزهای صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ انبارمانی بررسی شد. نتایج نشان داد، با افزایش مدت زمان انبارمانی میزان کاروتنوئید کاهش معنی‌داری یافت. پس از گذشت ۲۸ روز تحت پرتو UV-C ۵ و ۱۰ kJ m^{-2} s^{-1} و تیمار ۱ میکرومولار DPI در مقایسه با سایر تیمارها، محتوای کاروتنوئید در میوه فلفل دلمه‌ای افزایش معنی‌داری یافت که با روز صفر این تیمارها در سطح ۵ درصد تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد. تشعشع UV-C با شدت ۱۰ kJ m^{-2} s^{-1} باعث القاء یک تنش اولیه در سلول‌های فلفل دلمه‌ای شده، پس از ۲۸ روز انبارداری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را حفظ نمود. تیمار DPI در این نمونه‌ها در روز ۲۸ انبارمانی سبب کاهش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گردید. تحت پرتوتابی UV-C ۵، بیشترین فنل کل و قند احیاء حاصل گردید. پرتوتابی UV-C ۱۰ تحت تیمار DPI ۱ میکرومولار در روز ۲۸ انبارمانی سبب حفظ محتوای پروتئین شد. پرتودهی UV-C با شدت ۵ kJ m^{-2} s^{-1} به همراه DPI ۱ میکرومولار، فعالیت سوپراکسید دیسموتاز را در روز ۲۱ انبارمانی افزایش دادند. پرتوتابی UV-C ۱۰ و DPI صفر میکرومولار در روز ۲۸ انبارمانی سبب افزایش فعالیت کاتالاز گردید. تحت تیمار UV-C ۵ و DPI صفر میکرومولار در روز ۱۴ انبارمانی، فعالیت پراکسیداز به بیشترین میزان رسید. به‌طورکلی تیمارهای UV-C و DPI بر خصوصیات کیفی فلفل دلمه‌ای در پایان دروه انبارمانی تأثیر معنی‌داری را نشان دادند.

کلیدواژه: آنزیم کاتالاز، پروتئین، تنش اکسیداتیو، سوپراکسید دیسموتاز، فعالیت آنتی‌اکسیدانی

مقدمه

امروزه فرآیند پس از برداشت از مهم‌ترین چالش‌های مهندسین و محققین است. یکی از این چالش‌ها، در اختیار قراردادن میوه‌ها و سبزی‌های تازه و بدون ضایعات به دست مصرف‌کننده و همچنین حفظ ماندگاری بیشتر آن‌ها است (Chanasut *et al.*, 2018). فلفل دلمه‌ای با نام علمی

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: f.khalili@khuisf.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

Capsicum annum L. متعلق به خانواده Solanaceae، یکی از پرطرفدارترین و مهم‌ترین سبزی های جهان بوده و عطر، طعم و رنگ آن از مهم‌ترین ویژگی‌های این محصول است (Norazian *et al*., 2019). فلفل دلمه‌ای سرشار از عناصر معدنی نظیر پتاسیم، ویتامین‌های A، C، آنتی‌اکسیدان‌ها مانند لیکوپن، کاروتنوئیدها، مواد فنولیک و فیبر غیرمحلول است (Palma *et al*., 2020)، که ارزش غذایی آن را افزایش داده و در پیشگیری و درمان بیماری‌های گوارشی و سرطان‌ها نقش بسزایی دارد (Fratianni *et al*., 2020). بالابودن نسبت سطح به حجم در فلفل دلمه‌ای باعث شده که این محصول دارای عمر پس از برداشت کوتاهی باشد (Chaki *et al*., 2015). از جمله مشکلات نگهداری پس از برداشت این محصول می‌توان به نرم‌شدن و پلاسیدگی سریع در اثر کاهش فشار تورژسانس و فروپاشی ساختمان نشاسته که باعث تغییرات شیمیایی در دیواره سلولی می‌شود، اشاره کرد (Ali *et al*., 2016). مصرف مواد آلی ذخیره‌شده در گیاه در طول تنفس، پیری و زوال گیاه را به دنبال دارد. این شرایط سبب کاهش ارزش غذایی، عطر، طعم، شیرینی و کاهش وزن محصول می‌گردد (Safari *et al*., 2020). روند کلی تنفس شامل احیای آدنوزین تری فسفات (ATP) از آدنوزین دی‌فسفات (ADP) و فسفات معدنی و انتشار دی‌اکسید کربن و مولکول آب است. طی این واکنش انرژی به صورت ATP و گرما آزاد می‌شود (Nasirifar *et al*., 2018). یکی از علل افزایش تنفس در بافت‌های آسیب‌دیده افزایش اتیلن است که باعث تحریک تنفس می‌شود. در نتیجه افزایش متابولیسم سلولی، نشاسته به قندهای محلول تبدیل می‌شود که افزایش قندهای محلول چرخه تری‌کربوکسیلیک اسید و زنجیره انتقال الکترون را تحریک می‌کند (Perez-Lopez *et al*., 2020). از علل دیگر افزایش شدت تنفس، افزایش سطح تماس سلول‌ها با اتمسفر است که باعث می‌شود اکسیژن با سرعت بیشتری به سلول‌های درونی نفوذ کند (Zhao *et al*., 2014).

اگرچه استفاده از پرتودهی فرابنفش برای ضدعفونی آب، هوا و سطوح معمول است؛ با این حال در فن‌آوری پس از برداشت نیز کاربرد دارد. طیف فرابنفش از نور خورشید عمدتاً متشکل از UV-A با طول‌موج ۴۰۰–۳۱۵ نانومتر، UV-B با طول‌موج ۳۱۵–۲۸۰ نانومتر و UV-C با طول‌موج ۲۸۰–۲۰۰ نانومتر است (Dyshlyuk *et al*., 2020). کاربرد اصلی پرتو فرابنفش در فن‌آوری پس از برداشت، نقش آن در از بین بردن میکروارگانیسم‌ها است. در دهه‌های اخیر، از تابش UV-C به دلیل عدم خطرات زیست محیطی و سلامتی انسان، به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان جایگزینی برای مواد شیمیایی ضدعفونی کننده در محصولات غذایی استفاده شده است. از نور UV-C در محصولاتی از جمله فلفل سبز (*Capsicum annuum*) (Mercier *et al*., 2001)، توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa*) (Severo *et al*., 2015)، کلم براکلی (*Brassica oleraceae* L. var. italica) (Costa *et al*., 2006) و کلم پیچ (*Brassica oleraceae* var. capitata) (Harbaum-Piayda *et al*., 2016) برای حفظ کیفیت، به تأخیر انداختن پیری و کنترل پوسیدگی انباری استفاده شده است. نور UV-C علاوه بر خاصیت ضدمیکروبی، باعث القای تنش غیرزیستی و درنتیجه تجمع ترکیبات فیتوالکسین، تحریک مکانیزم‌های دفاعی، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و تغییر در دیواره سلولی بافت‌های گیاهی می‌شود که این تغییرات منجر به حفظ سلامت بافت محصولات می‌گردد (Guerreiro *et al*., 2016).

عنوان شده که کاربرد مداوم UV-C رسیدن و پیری را تسریع می‌کند و شدت‌های زیاد باعث اختلال در رسیدن میوه می‌شود. لذا یک شدت بهینه برای حصول بهترین نتیجه در میوه‌ها و سبزی‌ها وجود دارد که تعیین دقیق آن برای هر محصول به پژوهش‌های جداگانه‌ای نیاز دارد (Cadet and Richard Wagner, 2013). علاوه بر آن امواج UV-C سبب تحریک سنتز اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک می‌شوند. اسید سالیسیلیک و جاسمونات‌ها نیز به نوبه خود فرآیند اکسیداسیون را در سلول‌ها به‌وسیله تحریک آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نظیر سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، دهیدروآسکوربات ردوکتاز و همچنین آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی نظیر کاروتنوئیدها، آسکوربات و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

توکوفرول کاهش می‌دهند (Agati *et al*., 2011). همچنین علاوه بر کیفیت ظاهری، حفظ ترکیبات مفید محصولات با خاصیت آنتی‌اکسیدانی و همچنین افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز مورد توجه محققان بوده است. از عمده مکانیزم‌هایی که در ایجاد تنش اکسیداتیو محصولات برداشت شده نقش دارد، تجمع گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر (ROS) است که می‌تواند سبب آسیب اکسیداتیو، تسریع در چرخه تخریب بافت و در نهایت پیری سریع بافت محصول شود (Palma *et al*., 2020). به‌طور طبیعی تجمع ROSها در ضمن پیری و رسیدن نیز در این محصولات رخ می‌دهد. به نظر می‌رسد که پرتودهی UV-C بتواند با تقویت مکانیسم‌های دفاعی و تقویت سطح آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی در راستای مهار این رادیکال‌ها و بهبود ماندگاری محصولات باغبانی مؤثر واقع شود (Papoutsis *et al*., 2016).

در این رابطه عواملی مانند طول‌موج پرتو، شدت تابش، زمان قرار گرفتن در معرض پرتو، مقدار رطوبت محصول، pH و ضخامت مواد غذایی به‌طور قابل توجهی بر راندمان اثربخشی پرتو فرابنفش تأثیرگذارند (Pristijono *et al*., 2019). علاوه بر این طی سال‌های اخیر تحقیقاتی نیز درباره نقش اشعه UV در حفظ کیفیت میوه‌ها و سبزی‌ها از طریق کاهش تنفس محصول و مهار آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی انجام گرفته است (Maharaj *et al*., 2014). پرتودهی UV-C در سطوح پایین اثرات تحریک‌کننده داشته و برعکس در سطوح بالا اثرات مخرب و مضر بر گیاهان نشان می‌دهد (Dyshlyuk *et al*., 2020). یکی از این اثرات بالا رفتن سطح رادیکال‌های آزاد، فراتر رفتن آن‌ها از سطح تحمل گیاه است. براساس یافته‌های سایر پژوهشگران می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با استفاده از تیمارهای فیزیکی و شیمیایی غیرمضر می‌توان ضمن افزایش یا حفظ خصوصیات کیفی فیزیکوشیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی محصولات، سبب عدم کاهش کیفیت و به تبع آن افزایش عمر انبارمانی آن‌ها شد. به نظر می‌رسد که استفاده از یک بازدارنده تولید رادیکال‌های آزاد همچون DPI (Diphenyliodonium iodide) نیز می‌تواند از اثرات تخریبی تولید آن‌ها در نتیجه زخم ناشی از برداشت محصولات جلوگیری نماید. کریستال‌های DPI با فرمول مولکولی $C_{12}H_{10}I_2$ و وزن مولکولی ۴۸۰/۰۲ بازدارنده تولید H_2O_2 بوده و از فعالیت NADPH اکسیداز جلوگیری می‌نمایند (Altenhofer *et al*., 2015). علاوه بر داشتن نقش کاتالیزوری بالقوه، H_2O_2 درون‌زا به‌عنوان یک مولکول سیگنالی حیاتی در مسیر فنیل پروپانوئید عمل می‌کند و فعالیت‌های فنیل آلانین آمونیالیاز را فعال می‌کند و درنتیجه باعث تحریک بیوسنتز لیگنین می‌شود. تیمار DPI این افزایش را به‌وسیله جلوگیری از فعالیت H_2O_2 به تأخیر می‌اندازد (Li *et al*., 2019). گزارش شده است تیمار با DPI باعث جلوگیری از گسترش گونه‌های فعال اکسیژن در میوه Pitaya گردید (Li *et al*., 2017). همچنین تیمار DPI از گسترش گونه‌های فعال اکسیژن در هویج جلوگیری کرد (Han *et al*., 2017). با توجه به اهمیت روش پرتوتابی و همچنین تأثیر مهم تیمار DPI بر افزایش ماندگاری پس از برداشت محصولات، بدین منظور این پژوهش با هدف بررسی تأثیر پرتوتابی UV-C به‌همراه کاربرد DPI بر عمر انبارمانی فلفل دلمه‌ای اجرا شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۹ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان اجرا گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و پس از انجام پیش آزمایش و پیدا کردن سطوح بهینه، اثرات تیمارهای پرتودهی UV-C (سطوح صفر، ۵ و ۱۰ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$) و DPI (غلظت‌های صفر و ۱ میکرومولار) در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات صفات در روزهای صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ انبارمانی ارزیابی شد. به این ترتیب در مجموع ۹۰ پلات آزمایشی در نظر گرفته شد و در هر پلات نیز سه میوه قرار داده شد.

میوه‌های بالغ فلفل دلمه‌ای رقم نیروین از یکی از تولیدکننده‌های تجاری تهیه و از بین آن‌ها بهترین میوه‌ها با رنگ یکنواخت و عاری از صدمات فیزیکی و میکروبیولوژیکی انتخاب گردید. میوه‌های منتخب جهت جلوگیری از آلودگی در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

محلول سدیم هیپوکلریت (۱۰۰ میکرولیتر بر لیتر) به‌مدت یک دقیقه فرو برده شده و سپس آبکشی شدند. به‌منظور اعمال تیمار، میوه‌ها پس از شستشو به دو دسته تقسیم شدند. دسته اول به‌مدت ۳ دقیقه در محلول ۱ میکرومولار DPI (Diphenyliodonium iodide) (شرکت سیگما، آمریکا) غوطه‌ور و دسته دوم در همین زمان با آب دو بار تقطیر تیمار شدند. پس از خشک‌شدن در معرض هوا میوه‌های هر یک از دسته‌ها به سه گروه تقسیم و برای اعمال پرتودهی در معرض پرتو UV-C در سه سطح صفر، ۵ و ۱۰ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ آماده گردیدند. پرتودهی UV-C با استفاده از دو لامپ فیلیپس ۳۰ واتی در فاصله ۳۰ سانتی‌متری از سطح میوه‌ها انجام شد. شدت پرتودهی با استفاده از دستگاه UV سنج دیجیتال (TPS مدل MC-88، تایوان) کنترل گردید. میوه‌های تیمارشده پس از اعمال تیمار با استفاده از پوشش پلی‌پروپیلن (۳ میوه در هر کیسه) بسته‌بندی و در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد به‌مدت ۲۸ روز انبار شدند. تغییرات صفات در روزهای صفر، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ انبارمانی ارزیابی شد.

ارزیابی صفات، محتوای کاروتنوئید: ارزیابی رنگدانه کاروتنوئید طبق روش Smith و Benitez (۱۹۵۵) انجام شد. ۰/۵ گرم از بافت میوه در هاون چینی توسط نیتروژن مایع ساییده، سپس ۹ میلی‌لیتر هگزان و ۱۵ میلی‌لیتر مخلوط متانول:استون (۱:۲) به آن افزوده شد. فالکون‌های حاوی مخلوط به‌مدت ۴ ساعت روی شیکر با سرعت ۲۰۰ g به منظور عصاره‌گیری قرار داده شدند. سپس ۲۵ میلی‌لیتر محلول کلرید سدیم ۱ مولار به آن اضافه و مخلوط گردید. با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV Visible مدل 6305 JEN در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر میزان جذب محلول خوانده و میزان کاروتنوئید طبق رابطه (۱) براساس میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر ارزیابی گردید (Wellburn, 1994).

رابطه (۱)

$$C_{x+c} = [(1000\ A_{470} - 1.28\ C_a - 56.7\ C_b) / 205)$$

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی در این پژوهش بر طبق روش Brand-williams و همکاران (۱۹۹۵) براساس قابلیت مهارکنندگی رادیکال آزاد ۲ دی‌فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) انجام شد. به ۰/۵ گرم بافت پودر شده میوه ۳ میلی‌لیتر از محلول متانول:آب (۳:۷) اضافه گردید و عصاره گیری به‌مدت ۱ ساعت در تاریکی و روی شیکر با سرعت ۲۰۰ g درون جعبه یخ انجام شد. نمونه‌ها در ۱۵۰۰۰ g و دمای ۴ درجه سانتیگراد به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. ۲۱ میکرولیتر از مایع رویی با ۱۹۴ میکرولیتر از محلول ۰/۷ میلی‌مولار DPPH مخلوط شد و پس از گذشت ۳۰ دقیقه میزان جذب در طول‌موج ۵۱۵ نانومتر خوانده گردید. درنهایت فعالیت آنتی‌اکسیدانی براساس میزان معادل اسید آسکوربیک بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر ($mg\ AAEAC\ kg^{-1}\ fw$) بیان شد.

فنل کل: غلظت ترکیبات فنولی محلول به روش کالریمتری و با استفاده از محلول یک نرمال فولین سیوکالتیو ($C_{10}H_5NaO_5S$) ارزیابی شد. به این منظور به ۱۹/۲ میکرولیتر از عصاره متانولی (تهیه‌شده به منظور ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی) ۲۹ میکرولیتر معرف فولین ۱ نرمال اضافه شد، پس از گذشت ۳ دقیقه ۱۹۲ میکرولیتر از مخلوط سدیم کربنات ۰/۴ ٪ و سود ۲٪ به آن اضافه گردید. بعد از ۱ ساعت میزان جذب در طول‌موج ۷۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه Multiscan plate reader (Mannedorf مدل Tecan Infininte M200، سوئیس) خوانده شد. نتایج براساس میزان معادل کلروژنیک اسید برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر ($mg\ ChAE\ kg^{-1}\ fw$) بیان گردید (Singleton and Rossi, 1965).

محتوای قند احیا و قند کل: برای اندازه‌گیری میزان قند در نمونه‌های مورد بررسی از عصاره اتانولی استفاده شد. محتوای قند احیا بر طبق روش Nelson (۱۹۴۴) توسط اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و میزان جذب در طول‌موج ۵۰۰ نانومتر خوانده شد. ارزیابی قند کل نیز با استفاده از روش آنترون انجام شد. به این منظور به ۱ میلی‌لیتر از عصاره اتانولی ۲ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۵٪ و ۴ میلی‌لیتر محلول آنترون (با غلظت ۲ گرم بر لیتر) اضافه و به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰ درجه سانتیگراد جوشانده شد. پس از رسیدن به دمای اتاق میزان جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۷۸ نانومتر بررسی گردید. برای رسم منحنی استاندارد از استاندارد گلوکز استفاده و درنهایت مقدار

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

قند براساس گرم بر کیلوگرم وزن تر بیان شد.

پروتئین: ارزیابی میزان پروتئین طبق روش برادفورد با اسپکتروفتومتر انجام گردید (Bradford, 1976). جهت تهیه معرف برادفورد، ۰/۱ گرم پودر کوماسی بریلیانت بلو g 250، ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد و ۱۰۰ میلی‌لیتر ارتوفسفریک اسید ۸۵ درصد و برای استخراج پروتئین از بافر فسفات سدیم ۵۰ میلی‌مولار حاوی EDTA ۲ میلی‌مولار با (pH =۷) استفاده شد. عمل عصاره‌گیری با نسبت ۱:۱۰ (میلی‌لیتر بافر: گرم بافت) انجام شد. پس از افزودن معرف به عصاره گیاهی میزان جذب رنگ آبی در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. در نهایت مقدار پروتئین با استفاده از منحنی استاندارد اندازه‌گیری شد و نتایج براساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان گردید.

فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز به عصاره آنزیمی، ۰/۵ گرم بافت فلفل دلمه‌ای در حضور نیتروژن مایع در هاون چینی آسیاب شد. سپس ۴ میلی‌لیتر بافر استخراج حاوی پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH ۷/۸)، EDTA ۱ میلی‌مولار، PVP ۱ درصد، DTT ۱ میلی‌مولار و PMSF ۱ میلی‌مولار، به نمونه گیاهی اضافه گردید. سانتریفیوژ با سرعت g ۱۳۰۰۰ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ دقیقه انجام شد. درنهایت از عصاره رویی برای سنجش فعالیت آنزیم‌ها استفاده شد (Correa de Souza *et al.*, 2014).

سنجش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در مخلوط واکنش به حجم ۱/۵ میلی‌لیتر دارای بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، متیونین ۱۳ مولار، NBT، ریبوفلاوین و ۱۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی انجام و میزان جذب در طول‌موج ۵۶۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد (Bian and Jiang, 2009).

جهت سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره پروتئینی، ۳ میلی‌لیتر از محلول واکنش حاوی ۴۵ میلی-مولار آب اکسیژنه و ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات (pH ۷) اضافه گردید. فعالیت آنزیمی توسط اسپکتروفتومتر و جذب در طول-موج ۲۴۰ نانومتر به‌مدت یک دقیقه انجام شد (Courtney *et al.*, 2016).

جهت ارزیابی فعالیت آنزیم پراکسیداز، ۳ میلی‌لیتر مخلوط واکنش حاوی ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی، ۱۲ میلی‌مولار آب اکسیژنه، ۷/۲ میلی‌مولار گایاکول، ۵۰ میلی‌مولار بافر فسفات و pH ۵/۸ به نمونه گیاهی آسیاب‌شده اضافه گردید. میزان جذب در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر با اسپکتروفتومتر خوانده شد. واحد آنزیم‌های مورد بررسی Unit mg^{1} fw در نظر گرفته شد (Fang and Kao, 2000).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: به واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

کاروتنوئید: نتایج پژوهش حاضر نشان داد، پرتو UV-C، تیمار DPI و زمان در سطوح مورد بررسی بر میزان رنگدانه کاروتنوئید میوه فلفل دلمه‌ای تأثیر معنی‌داری را نشان دادند. تیمار با سطح متوسط پرتو UV-C ($5\ kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$) منجر به افزایش معنی‌دار محتوای کاروتنوئیدهای بافت میوه نسبت به نمونه‌های شاهد شد. به‌طوریکه بیشترین میزان این رنگیزه در نمونه‌های پرتودهی‌شده با سطح $5\ kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ بلافاصله پس از اعمال تیمار مشاهده شد. این صفت در پایان ۲۸ روز انبارداری کاهش معنی‌داری نشان داد به‌طوریکه میوه‌های پرتودهی‌شده از این نظر اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های شاهد نشان ندادند. تیمار DPI به‌عنوان یک بازدارنده تولید رادیکال آزاد در میوه‌های تحت تیمار با این سطح از پرتو UV-C نتوانست تفاوت معنی‌داری در محتوای کاروتنوئیدها القا نماید. پرتودهی با بالاترین سطح UV منجر به کاهش معنی‌داری در محتوای کاروتنوئید نمونه‌های تحت تیمار در مقایسه با نمونه‌های شاهد گردید. فرو بردن میوه‌ها در محلول ۰/۱ میکرومولار DPI قبل از پرتودهی با شدت $10\ kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ مانع از تخریب کاروتنوئیدها در بافت تازه شد. با افزایش مدت زمان انبارمانی تا روز ۲۸، تحت پرتو UV-C $10\ kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ و ۵ و تیمار ۱ میکرومولار DPI در مقایسه با سایر تیمارها، محتوای کاروتنوئید در میوه فلفل دلمه‌ای افزایش معنی‌داری یافت که با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

جدول ۱- تأثیر پرتو UV-C، DPI و زمان بر خصوصیات بیوشیمیایی در میوه فلفل دلمه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کاروتنوئید	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	فنل کل	قند احیا	قند کل	پروتئین
پرتو UV-C	۲	۲۶۸/۹۷**	۲۶۸۸۹/۳^{ns}	۱۸۲۶۷۵/۲*	۱/۴۱۲۳**	۰/۵۲۲۸^{ns}	۸/۸۵۰۵*
DPI	۱	۸۷/۱۴^{ns}	۱۴۵۵/۸^{ns}	۹۸۵۴/۲ ^{ns}	۰/۰۵۲۵ ^{ns}	۱/۵۹۲۹^{ns}	۰/۶۰۳۸^{ns}
زمان	۴	۲۴۱۷/۶۳**	۱۷۱۱۸/۵**	۹۲۹۷۴۹/۰۲**	۴۷/۷۱۲۰**	۴۱۵/۷۴۸۱**	۵/۶۵۵۹*
پرتو UV-C × DPI	۲	۱۰۱۱/۵۷**	۵۳۳۰۴/۵**	۱۲۹۴/۶ ^{ns}	۰/۱۵۶۵ ^{ns}	۱۱/۶۶۵۰^{ns}	۰/۵۳۳۵^{ns}
پرتو UV-C × زمان	۸	۱۲۹/۲۷**	۱۰۶۷۱/۶^{ns}	۱۵۳۸۳/۷ ^{ns}	۰/۰۳۱۶ ^{ns}	۲۵/۴۳۰۸**	۱/۸۷۱^{ns}
DPI × زمان	۴	۱۰۷/۳۰**	۱۵۷۵۰/۸^{ns}	۲۲۶۰/۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۷۶ ^{ns}	۲۳/۱۶۱۳*	۷/۸۷۵۰**
پرتو UV-C × DPI × زمان	۸	۳۵۵/۹۲**	۲۹۲۵۷/۱**	۳۷۸۶/۳ ^{ns}	۰/۰۸۵۲ ^{ns}	۶/۱۸۹۴^{ns}	۶/۴۰۲۰**
خطای کل	۶۰	۲۸/۹۶	۹۶۸۷/۴	۴۳۲۳۴/۱۸	۰/۲۷۸۹	۸/۱۲۰۰	۱/۸۷۲۲
ضریب تغییرات (C.V)%	_	۲۷/۴۹	۲۱/۸	۲۸/۰۷ ^{ns}	۱۸/۵۲	۲۶/۶۹	۲۵/۰۵

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد، ^{ns}: عدم معنی‌داری هستند.

روز صفر این تیمارها در سطح ۵ درصد تفاوت آماری معنی داری را نشان نداد (جدول ۱).

افت رنگ در میوه فلفل دلمه‌ای فاکتور مهمی است که کیفیت محصول را در طول دوره پس از برداشت تعیین می‌نماید. کاروتنوئیدها و فلاونوئیدها مواد رنگی مهم سبزی‌ها هستند که معمولاً باعث ایجاد رنگ‌های نارنجی و قرمز می‌شوند. کاروتنوئیدهای فلفل شامل کاپسانتین و کاروتن است (Hamed *et al*., 2019). عوامل متعددی همچون مرحله رسیدگی میوه در زمان برداشت، واریته و شرایط آب‌وهوایی محل تولید در میزان این ترکیبات مؤثر هستند (Stewart, 1977). شرایط انبارداری ممکن است به ناپایداری زنجیره پلی‌ان (Polyene) کاروتنوئیدها منجر شود. این ترکیبات ممکن است تحت فرآیند ایزومریزاسیون (ایجادشده با دما، نور و اسید) و اکسیداسیون (ناشی از نور، دما، فلزات و آنزیم‌ها) تجزیه شوند (Plaza *et al*., 2011). هدف اصلی بیشتر تیمارهای پس از برداشتی به تأخیر انداختن این فرایند است. پرتودهی UV-C می‌تواند کاتابولیسم نرمال کاروتنوئیدها را تحت تأثیر قرار داده و منجر به حفظ رنگ در میوه‌ها گردد (Gerszberg and Hnatuszko-Konka, 2017). این تیمار باعث تقویت ترکیبات جاذب پرتو فرابنفش مانند آلکالوئیدها، کاروتنوئیدها، آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و فنل‌ها شده به نوعی مکانیسم‌های دفاعی میوه را در برابر تنش غیرزیستی UV افزایش می‌دهد (Kasim and Kasim, 2018). تجمع رنگدانه‌های جاذب پرتو فرابنفش یکی از راه‌های تعدیل اثرات UV است که گیاهان بکار می‌گیرند. تحقیقات نشان داده است که گیاهان تیمارشده با اشعه UV در طول دوره رشد دارای بالاترین میزان کاروتنوئید، آنتوسیانین و فلاونوئید هستند (Bacelar *et al*., 2015). حتی این ترکیبات سبب می‌شوند که گیاهان در مقابل تنش‌های احتمالی بعدی اعم از زیستی و غیرزیستی نیز محافظت شوند (Fernandez-Garcia, 2014). پرتودهی UV-C در میوه‌های گوجه‌فرنگی منجر به تقویت بیوسنتز فیتوکمیکال‌ها و افزایش میزان لیکوپن، فنل کل، ویتامین ث و آنتی‌اکسیدان‌های آب‌دوست و چربی‌دوست گردید (Esua *et al*., 2019; Liu *et al*., 2009).

Costa و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی اثرات تیمار پس از برداشت پرتودهی UV-C در به تأخیر انداختن فرایند پیری در گلچه‌های براکلی پرداختند. نتایج نشان داد که میزان فلاونوئیدها در بافت براکلی طی دوره پس از برداشت افزایش معنی‌داری نشان داد. همچنین پرتودهی میوه‌های توت‌فرنگی با پرتو UV-C (شدت‌های ۰/۴۳، ۲/۱۵ و ۴/۳۰ kJ m^{-2} s^{-1})

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

منجر به افزایش سطح آنتوسیانین و فلاونوئید طی دوره پس از برداشت گردید (Erkan *et al*., 2008). در این رابطه پیداکردن سطح بهینه از شدت پرتودهی فاکتور مهمی در حفظ خصوصیات کیفی میوه طی دوره پس از برداشت است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که شدت ۵ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ توانسته است در حفظ رنگیزه‌های کاروتنوئیدی اثر گذار باشد. در شدت بالاتر این پرتو اثرات مخرب و Hormic مشاهده گردید و میزان رنگیزه میوه‌ها کاهش معنی‌داری نشان داد. به نظر می‌رسد کاربرد تیمار DPI در میوه‌های پرتودهی‌شده با سطح ۱۰ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ با ممانعت از تولید رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از فعالیت آنزیم NADPH اکسیداز نقش معنی‌داری در تعدیل اثرات مخرب این سطح از پرتودهی داشته منجر به حفظ کیفیت میوه‌های تحت تیمار شده است.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: اعمال تیمار پرتو UV-C و غلظت‌های صفر و ۱ میکرومولار DPI بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی فلفل دلمه‌ای طی ۲۸ روز انبارداری تأثیرگذار بود. تشعشع UV-C با شدت ۱۰ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ باعث القاء تنش اولیه در سلول‌های فلفل دلمه‌ای شده، پس از ۲۸ روز انبارداری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را حفظ نمود. به‌طوریکه در نمونه‌های تحت تیمار این میزان با مقادیر روز آغازین (۵۴۲/۲۸ $mg\ AAEAC\ kg^{-1}\ fw$) تفاوت معنی‌داری نشان ندادند، در این میوه‌ها ظرفیت آنتی‌اکسیدانی سراسر دوره انبارمانی بدون تغییر حفظ گردید و در تمام زمان‌های نمونه‌برداری بالاترین مقدار را نشان دادند اما از این نظر اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های شاهد مشاهده نشد. تیمار DPI تنها در نمونه‌های پرتودهی‌شده با بالاترین سطح پرتو UV-C (۱۰ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$) در روز ۲۸ انبارمانی سبب کاهش معنی‌دار ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گردید و در دیگر تیمارها نتوانست تفاوت معنی‌داری القا نماید (جدول ۲).

تعیین ظرفیت خنثی‌کنندگی رادیکال‌های آزاد نیز از جمله شاخص‌های واقعی برای فهم تغییرات فیتوشیمیایی میوه‌ها و سبزی‌ها است (Chograni *et al*., 2013). فعالیت پالایشی رادیکال‌ها توسط عصاره فلفل و ترکیبات زیستی آن با استفاده از تست بازدارندگی DPPH نشان داده شده است. روش DPPH یک روش حساس، سریع و آسان برای ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی یک ترکیب ویژه در عصاره گیاهی است. آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیبات طبیعی و سنتتیکی هستند که از تشکیل رادیکال‌های آزاد در سلول جلوگیری می‌کنند و باعث ممانعت یا تأخیر اکسیداسیون سایر مولکول‌ها می‌شوند (Liochev, 2013). نتیجه فعالیت اکسیدان‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها تعادل فیزیولوژیکی است. آنتی‌اکسیدان‌ها با تحویل‌دادن یک الکترون به رادیکال‌های آزاد، از گرفتن الکترون به‌وسیله رادیکال‌ها از بیومولکول‌های دیگر و آسیب‌زدن به آن‌ها جلوگیری می‌کنند (Athmouni *et al*., 2016).

به نظر می‌رسد تیمار DPI از طریق به دام‌انداختن رادیکال‌های آزاد، کلاته‌کردن فلزاتی با فعالیت کاتالیستی و فعال‌کردن الکترون‌دهنده‌ها قادرند پایان‌دهنده یا کندکننده فرآیندهای اکسایشی باشند و بدین ترتیب از مولکول‌های زیستی محافظت کنند. همچنین افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی H_2O_2 اضافی را از محیط سلولی حذف کرده و از سلول‌ها در مقابل صدمات اکسیداتیو محافظت می‌نماید (Farhan *et al*., 2012). در مطالعه‌ای قرارگیری تعدادی از میوه‌ها و سبزی‌ها در معرض نور UV-C و پالس‌های نوری یک استرسی در بافت گیاه ایجاد کرده که متابولیت‌های ثانویه دفاعی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌میکروبی را تحریک می‌کند که این ترکیبات به طولانی‌کردن عمر انباری و حفظ کیفیت و ارزش غذایی در میوه‌ها و سبزی‌ها منجر شده است (Ribeiro *et al*., 2012). در پژوهشی تیمار نور UV-C در دو سطح ۴ و ۸ کیلوژول بر متر مربع باعث افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی و محتوای فنل کل در گوجه‌فرنگی گردید (Chang-hong *et al*., 2012).

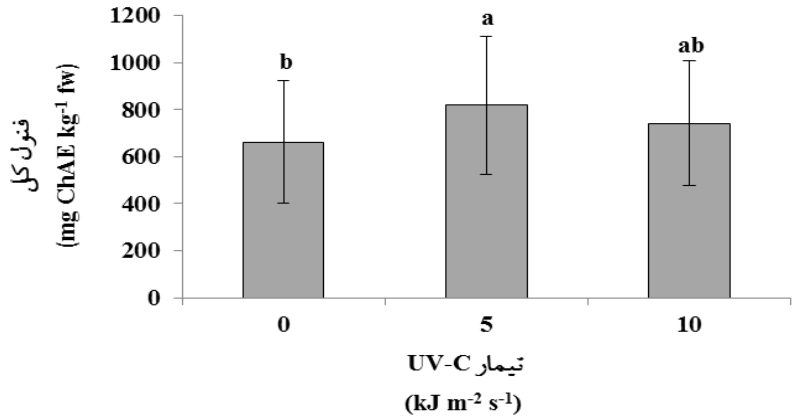
فنل کل: بر طبق نتایج حاصل از این پژوهش، تحت تیمار پرتو UV-C ۵ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$، بیشترین میزان فنل کل با ۸۱۸/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر نشان داده شد (شکل ۱). همچنین با افزایش مدت زمان انبارمانی میزان فنل کل نیز افزایش ترکیبات فنلی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که با مکانیسم‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

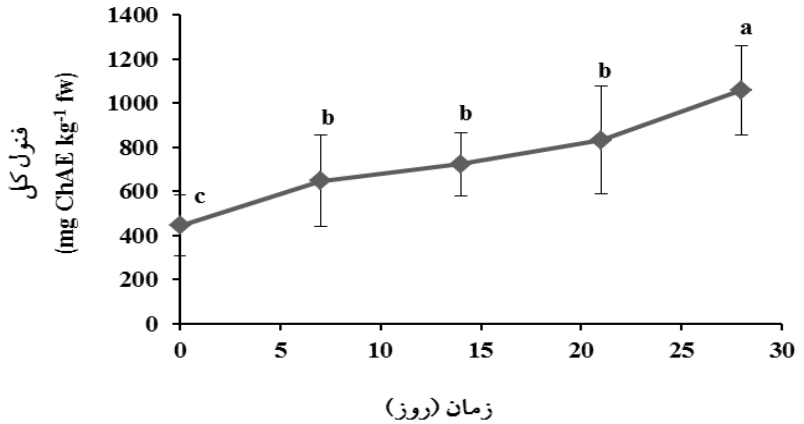
جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر پرتو UV-C، DPI و زمان بر محتوای کاروتنوئید (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر)

	UV-C	۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۰		۵ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۵		۱۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۱۰	
	DPI (میکرومولار)	۰	۱	۰	۱	۰	۱
زمان (روز)	۰	۴۰/۶۱^{bc}	۲۲/۳۲$^{e-i}$	۵۶/۶۵^{a}	۳۸/۱۷^{bcd}	۱۵/۳۷$^{f-k}$	۴۴/۵۸^{b}
	۷	۱۱/۴۵$^{h-k}$	۱۰/۰۹$^{h-k}$	۱۰/۷۴$^{h-k}$	۱۱/۶۲$^{h-k}$	۱۶/۸۶$^{f-j}$	۵/۷۹^{jk}
	۱۴	۲۶/۳۱$^{d-g}$	۱۱/۱۵$^{h-k}$	۲۸/۲۱$^{c-f}$	۹/۳۹^{ijk}	۱۳/۹۶$^{g-k}$	۲۵/۲۹$^{d-g}$
	۲۱	۱۰/۸۲$^{h-k}$	۱۱/۳۷$^{h-k}$	۱۰/۴۷$^{h-k}$	۴/۳۰^{jk}	۱/۹۳^{k}	۲/۴۰^{k}
	۲۸	۳۲/۹۳$^{b-e}$	۱۳/۲۵$^{g-k}$	۲۳/۷۰$^{e-h}$	۳۴/۷۷$^{b-e}$	۸/۳۵^{jk}	۳۴/۳۶$^{b-e}$

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن)



شکل ۱- تأثیر تیمار UV-C بر میزان فنل کل، در هر ستون، میانگین‌ها با حروف متفاوت در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری دارند.



شکل ۲- تأثیر زمان بر میزان فنل کل، در هر ستون، میانگین‌ها با حروف متفاوت در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری دارند.

متعددی از جمله جذب و از بین‌بردن رادیکال‌های آزاد، قطع کردن واکنش‌های زنجیره‌وار اکسیداسیون و با قرارگرفتن به‌عنوان سوبسترای آنزیم‌های پراکسیداز نقش آنتی‌اکسیدانی خود را ایفا می‌کنند. این ترکیبات همچنین با دادن سریع هیدروژن به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

رادیکال‌های لیپید از ادامه زنجیره پراکسیداسیون جلوگیری کرده و محصولاتی با قدرت اکسیدکنندگی کمتر از ترکیبات اولیه را به وجود می‌آورند (Bourgou *et al*., 2016). فنل‌ها در طول رسیدن و یا در طول مدت زمان انبارمانی محصولات افزایش می‌یابند و باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌شوند. میزان ساخته‌شدن این ترکیبات در واکنش به شرایط نامساعد از جمله تنش‌های خشکی، گرما، تابش اشعه فرابنفش، حمله بیماری‌ها و حشرات افزایش می‌یابد. فلفل دلمه‌ای در برگیرنده الگوی پلی‌فنولیک قوی شامل هیدروکسی سینامیدها، فلاونول‌ها و فلاون‌ها است. پلی‌فنول‌های شناخته‌شده در فلفل دلمه‌ای شامل چهار نوع کوئرستین، چهارده نوع لوتئولین و دو نوع اپیجنین هستند (Blanco-Rios *et al*., 2013).

افزایش میزان ترکیب‌های فنلی کل در تیمار با پرتو UV-C در میوه فلفل دلمه‌ای می‌تواند از افزایش بیان ژن‌های درگیر در مسیر بیوسنتز فنیل پروپانوئید و به‌ویژه افزایش بیان ژن‌های مسئول سنتز آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL)، که اولین آنزیم در مسیر سنتز ترکیب‌های فنلی است، ناشی شده باشد. فنیل آلانین آمونیالیاز، آنزیمی کلیدی در متابولیسم فنیل پروپانوئیدهاست که تبدیل L- فنیل آلانین به ترانس- سینامیک اسید، اولین مرحله در متابولیسم فنولیک‌ها را انجام می‌دهد. این مرحله یک واکنش بیوشیمیایی کلیدی در نمو و دفاع گیاهان به شمار می‌رود. پژوهش‌های زیادی تأثیر تیمار UV-C در افزایش میزان فنل کل را تأیید می‌کنند (Jiang *et al*., 2020; Park and Kim, 2015; Jiang *et al*., 2010). افزایش فنل کل ناشی از تابش UV-C که در این آزمایش مشاهده شد در توت فرنگی (Erkan *et al*., 2008) و گونه‌های Dioscorea (Teoh *et al*., 2016) نیز گزارش شده است. همچنین پیشنهاد شده که افزایش در مقدار فنل کل در واکنش به تابش UV-C به‌عنوان یک سیستم دفاعی بکار می‌رود. به علاوه این ترکیبات به مقابله با پاتوژن‌ها کمک می‌کنند. می‌توان این گونه نتیجه گرفت که تیمار UV-C مقاومت در برابر هجوم پاتوژن‌ها را با تحریک بیوسنتز ترکیبات فنلی افزایش می‌دهد (Heinze *et al*., 2018).

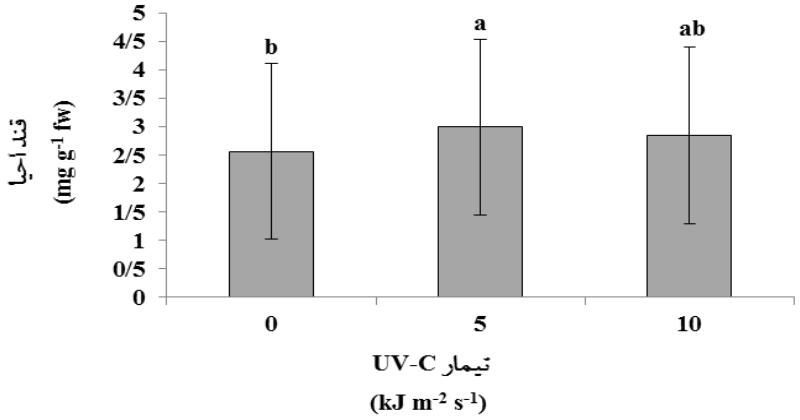
مقند احیا: تیمار پرتو UV-C در سطح ۵ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ تأثیر معنی‌داری در حفظ قندهای احیا داشت و نمونه‌های پرتودهی شده بالاترین میزان (۲/۹۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را نشان دادند. در گروه شاهد کمترین میزان قند احیا با میزان ۲/۵۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مشاهده گردید (شکل ۳). محتوای قندهای احیاکننده میوه‌های فلفل دلمه‌ای در طول ۲۸ روز انبارداری در دمای ۷ درجه سانتیگراد از یک الگوی رو به کاهش پیروی کرد به‌طوریکه بیشترین میزان قند احیا در روز صفر و کمترین میزان در روز ۲۸ به‌ترتیب با میزان ۵/۱۷۸ و ۰/۹۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر حاصل شد (شکل ۴).

از دلایل کاهش قند احیا در طول دوره انبارمانی این است که در طول دوره انبارمانی، در فرآیند تنفس، قندهای موجود در فلفل دلمه‌ای به‌عنوان پیش‌ماده برای تنفس از هیدرولیز نشاسته که سبب کاهش ماده خشک می‌گردند، استفاده می‌شوند (Nissa *et al*., 2019). نتایج نشان داد، تحت پرتو UV-C با شدت ۵ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ میزان قند احیا در میوه‌های فلفل دلمه‌ای افزایش یافت. نظر به اینکه محتوای فنول کل در نمونه‌های تحت تیمار با شدت ۵ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ بالاترین میزان را نشان داد چنین به نظر می‌رسد که ترکیبات فنولی به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های دفاعی علیه تنش‌های اکسیداتیو، مانع از اکسیداسیون این قندها و کاهش شدید آنها طی دوره انباری شده است. در گیاه نخودفرنگی (*Pisum sativum*) تحت تیمار UV-B گزارش شده که قندهای محلول ابتدا تجمع یافتند و سپس کاهش نشان دادند (Kovacs and Keresztes, 2002).

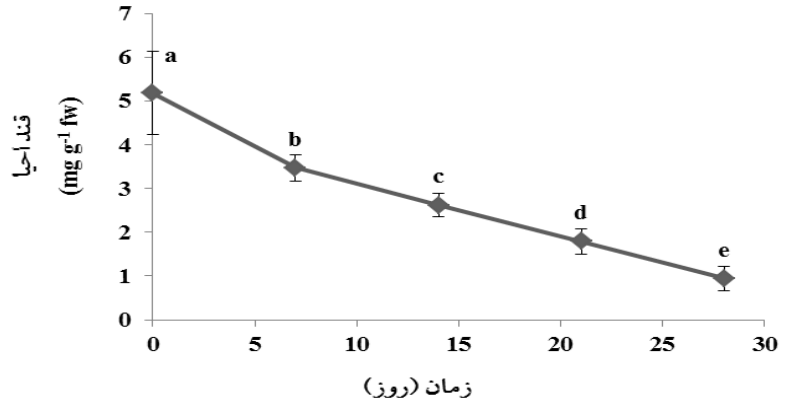
قند کل: جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر زمان و تقابل آن با پرتو UV-C در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل زمان و DPI در سطح ۵٪ بر روی میزان قند کل معنی‌دار است (جدول ۳). برداشت و جابجایی با جداسازی میوه‌ها از منبع غذایی، تغییرات در متابولیسم تنفس و افت متابولیت‌ها (نشاسته، قندها، اسیدهای آلی و پروتئین‌ها) باعث القاء تنش‌هایی به بافت آنها شده، منجر به تسریع فرایند پیری می‌گردد. همانطور که در شکل ۵ نیز مشاهده می‌شود محتوای قند کل در طول دوره انبارداری میوه‌های فلفل دلمه‌ای روند کاهشی نشان داد. این میزان پس از یک کاهش معنی‌دار در روز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]



شکل ۳- تأثیر تیمار UV-C بر میزان قند احیا، در هر ستون، میانگین‌ها با حروف متفاوت در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری دارند.



شکل ۴- تأثیر زمان بر میزان قند احیا، در هر ستون، میانگین‌ها با حروف متفاوت در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری دارند.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر پرتو UV-C، DPI و زمان بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (mg AAEAC kg^{-1} fw) در فلفل دلمه‌ای

	UV-C	۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۰		۵ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۵		۱۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۱۰	
	DPI (میکرومولار)	۰	۱	۰	۱	۰	۱
زمان (روز)	۰	۴۷۶/۷^{abc}	۴۸۳/۹۵^{abc}	۳۷۷/۷۲$^{a-d}$	۲۶۱/۶۷^{cd}	۵۴۲/۲۸^{ab}	۴۲۱/۴۷^{abc}
	۷	۵۸۷/۱۱^{ab}	۵۴۶/۸۹^{ab}	۵۱۳/۱۲^{abc}	۵۹۷/۵۵^{a}	۶۰۶/۱۴^{a}	۶۰۱/۲۳^{a}
	۱۴	۳۵۰/۴۰$^{a-d}$	۵۰۹/۴۳^{abc}	۳۳۰/۴۴^{bcd}	۵۲۷/۸۵^{ab}	۴۷۹/۹۶^{abc}	۳۶۱/۱۴$^{a-d}$
	۲۱	۵۰۹/۷۴^{abc}	۵۲۷/۵۵^{ab}	۵۱۳/۷۳^{abc}	۵۰۴/۵۲^{abc}	۴۴۹/۵۶^{abc}	۵۶۵/۶۱^{ab}
	۲۸	۳۴۶/۴۱$^{a-d}$	۳۸۸/۷۷$^{a-d}$	۱۶۷/۷۲^{d}	۳۸۰/۴۹$^{a-d}$	۴۶۵/۲۲^{abc}	۱۵۸/۸۲^{d}

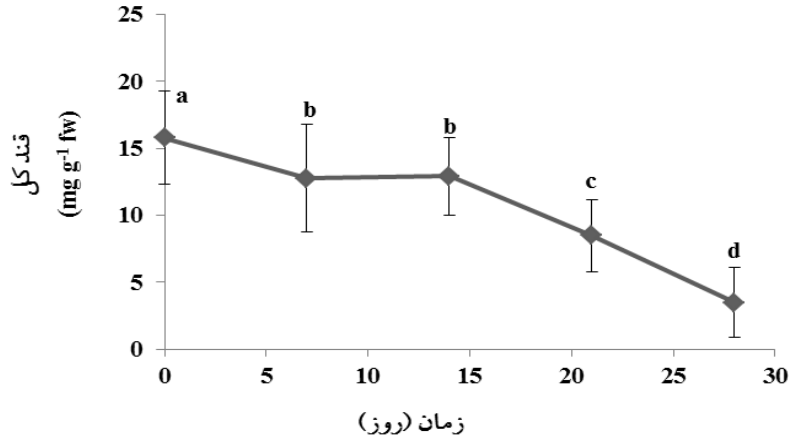
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه ای دانکن).

۷ انبارداری تا روز چهاردهم بدون تغییر باقی ماند و پس از آن روند رو به کاهشی را دنبال نمود.

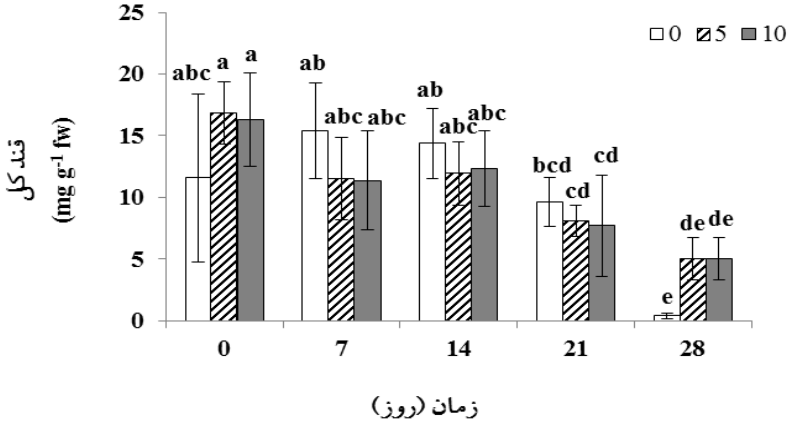
نمونه‌های پرتودهی‌شده با UV-C پس از ۲۸ روز انبارداری میزان قند بالاتری را نشان دادند اما از این نظر تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شاهد مشاهده نگردید (شکل ۶). بر طبق نتایج، تیمار DPI در هیچ یک از زمان‌های مورد ارزیابی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]



شکل ۵- تأثیر زمان بر میزان قند کل، در هر ستون، میانگین‌ها با حروف متفاوت در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری دارند.

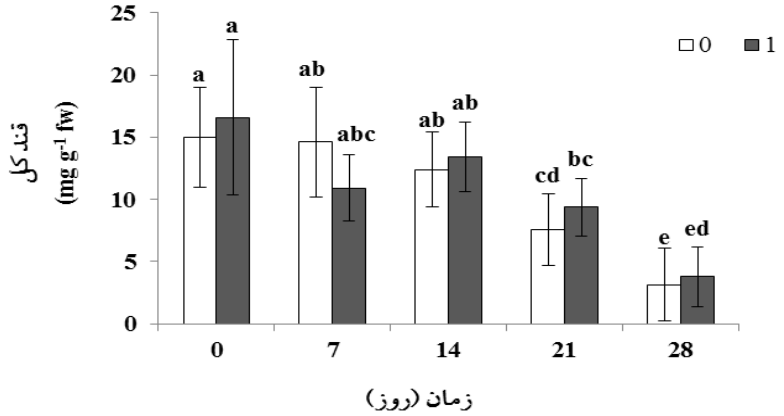


شکل ۶- تأثیر اثر متقابل زمان و UV-C بر میزان قند کل، در هر ستون، میانگین‌ها با حروف متفاوت در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری دارند.

طی دوره انبارداری نتوانست تاثیر معنی‌داری در حفظ محتویات قند کل و ممانعت از افت آنها در میوه‌های تحت تیمار القا نماید (شکل ۷). چنین به نظر می‌رسد که برداشت میوه‌های فلفل با القاء نوعی تنش به بافت محصول منجر به افزایش در شدت تنفس و مصرف قندها شده است. پرتودهی با اشعه UV-C با تقویت سطح آنتی‌اکسیدان‌ها و همچنین محتریات فنلی تا حدودی مانع از تخریب قندها به‌عنوان سوبسترای اصلی تنفسی در میوه‌ها طی دوره پس از برداشت شده است اما شدت‌های مورد بررسی نتوانسته است اختلاف معنی‌دار و قابل ملاحظه‌ای با نمونه‌های شاهد القا نماید. Lemoine و همکاران (۲۰۰۷) نیز با اعمال پرتو UV-C (۸ kJ m^{-2} s^{-1}) روی گلچه‌های براکلی طی دوره پس از برداشت به نتایج مشابهی دست یافتند. به‌طوریکه این تیمار نتوانست به‌طور معنی‌داری مانع از تخریب قند کل در براکلی‌های تحت تیمار گردد.

پروتئین: تیمار DPI با مهار رادیکال‌های آزاد تولیدشده در نتیجه برداشت محصول مانع از تخریب پروتئین شده و بلافاصله پس از تیمار در مقایسه با نمونه‌های شاهد محتوای پروتئین را در سطح بالاتری حفظ کرد. بعد از آن تا پایان ۲۸ روز انبارداری این میزان نسبتاً بدون تغییر باقی ماند. نمونه‌های پرتودهی‌شده با سطح UV-C ۱۰ kJ m^{-2} s^{-1} تحت تیمار DPI ۱ میکرومولار در روز ۲۸ انبارمانی بالاترین محتوای پروتئین(۸/۰۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) اندازه‌گیری شد اما از این نظر تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شاهد مشاهده نگردید

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]



شکل ۷- تأثیر اثر متقابل زمان و DPI بر میزان قند کل، در هر ستون، میانگین‌ها با حروف متفاوت در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری دارند.

(جدول ۴).

پروتئین‌ها نسبت به UV جذب بالایی دارند و این به‌دلیل جذب این اشعه توسط آمینواسیدهای حلقوی مثل فنیل آلانین، تریپتوفان، تیروزین، هیستیدین، سیستئین و دی‌پپتید سیستین است. مقادیر کم پرتو فرابنفش سبب افزایش تولید پروتئین‌هایی می‌شود که در گیاه مقاومت بیشتری در برابر تنش ایجاد می‌کنند، اما مقادیر بالای آن باعث تخریب پروتئین‌های سلول از جمله پروتئین‌های اسکلت سلولی می‌شود (Ulm and Nagy, 2005). اینگونه به نظر می‌رسد که تیمار UV-C موجب فعال‌شدن ژن‌های متعددی می‌گردد که این ژن‌ها در تولید انواع پروتئین‌ها و آنزیم‌های ترمیم‌کننده خسارت ناشی از تنش در طول دوره انبارمانی نقش دارند (Gong *et al*., 2002). همچنین به نظر می‌رسد غوطه‌ورسازی در محلول DPI به‌عنوان یک مهارکننده رادیکال‌های آزاد می‌تواند از اثرات تخریبی تولید آن‌ها درنتیجه زخم ناشی از برداشت محصولات جلوگیری نماید. تیمار DPI بازدارنده تولید H_2O_2 است و با جلوگیری از فعالیت NADPH اکسیداز مانع از تخریب پروتئین‌ها شده است (Li *et al*., 2019). گزارش شده تیمار با DPI باعث جلوگیری از گسترش گونه‌های فعال اکسیژن در میوه Pitaya گردید (Li *et al*., 2017). همچنین تیمار DPI از گسترش گونه‌های فعال اکسیژن در هویج جلوگیری کرد (Han *et al*., 2017).

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، سوپراکسید دیسموتاز:

نتایج نشان داد، تیمارهای UV-C و DPI بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در طول مدت زمان انبارمانی تأثیر معنی‌داری داشتند. پرتوتابی UV-C صفر و ۵ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ به همراه اعمال تیمار DPI ۱ میکرومولار، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را به‌ترتیب تا ۲۰۱/۴۷ $Unit\ mg^{1}\ fw$ و ۱۶۴/۹۹ در روز ۲۱ انبارمانی افزایش دادند. در روز ۷ انبارمانی تحت تیمارهای UV-C صفر و DPI ۱ میکرومولار کمترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با میزان ۴/۶۵ $Unit\ mg^{1}\ fw$ مشاهده گردید (جدول ۶ و ۵).

در نمونه‌های شاهد فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در طول دوره انبارداری تقریباً بدون تغییر باقی ماند. اعمال تیمار DPI تا روز ۲۱ انبارداری باعث افزایش فعالیت این آنزیم گردید و به بالاترین میزان خود رسید، پس از آن کاهش معنی‌داری نشان داد و به سطح اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های شاهد تنزل پیدا کرد. تیمار UV-C در شدت ۵ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ به تنهایی و یا همراه با DPI تا روز ۲۱ انبارداری باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شد و پس از آن در روز ۲۸ کاهش معنی‌داری نشان داد. در پایان این دوره میزان فعالیت آنزیم SOD در نمونه‌های تیمارشده با DPI بالاتر بود. در نمونه‌های پرتودهی‌شده با سطح ۱۰ $kJ\ m^{-2}\ s^{-1}$ میزان فعالیت SOD در روز ۷ انبارداری افزایش معنی‌داری نشان داد اما پس از آن در مقایسه با نمونه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر پرتو UV-C، DPI و زمان بر محتوای پروتئین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در فلفل دلمه‌ای

	UV-C	۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۰		۵ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۵		۱۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۱۰	
	DPI (میکرومولار)	۰	۱	۰	۱	۰	۱
زمان (روز)	۰	۲/۸۶۸۹^{c}	۶/۷۸۴۲^{ab}	۵/۰۳۸۲^{abc}	۵/۳۷۹۱^{abc}	۴/۸۵۵۹^{abc}	۶/۸۴۸۹^{ab}
	۷	۵/۹۶۷۰^{abc}	۵/۷۰۲۵^{abc}	۵/۲۰۸۷^{abc}	۶/۰۸۴۶^{abc}	۵/۲۳۲۲^{abc}	۶/۸۱۹۵^{ab}
	۱۴	۵/۸۵۵۳^{abc}	۶/۲۴۹۲^{abc}	۴/۷۹۱۳^{abc}	۵/۶۴۳۷^{abc}	۷/۹۴۸۲^{a}	۳/۳۳۳۳^{bc}
	۲۱	۴/۹۵۵۹^{abc}	۳/۷۴۴۸^{bc}	۳/۹۰۹۴^{bc}	۳/۷۷۴۲^{bc}	۶/۳۳۱۵^{abc}	۴/۷۰۳۱^{abc}
	۲۸	۶/۷۷۲۴^{ab}	۶/۱۷۸۷^{abc}	۵/۲۳۲۲^{abc}	۳/۹۲۱۲^{bc}	۵/۷۴۳۶^{abc}	۸/۰۰۱۱^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

جدول ۵- تأثیر پرتو UV-C، DPI و زمان بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در میوه فلفل دلمه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		سوپراکسید دیسموتاز	کاتالاز	پراکسیداز
پرتو UV-C	۲	۱۱۴۱/۱۱^{ns}	۲۳۱۹۹/۴**	۸۱۰/۵۱**
DPI	۱	۳/۸۶^{ns}	۲۰۹۷/۴ ^{ns}	۸۴۷/۶۶**
زمان	۴	۱۲۳۹۴/۹**	۹۹۹۷/۹**	۷۷۸/۷۲**
پرتو UV-C × DPI	۲	۱۲۶۷/۷^{ns}	۱۶۶۵۸/۹**	۲۰۴۳/۹۵**
پرتو UV-C × زمان	۸	۶۱۳۵/۱**	۱۳۰۴۱**	۷۰۸/۷۲**
DPI × زمان	۴	۴۱۵۵/۶**	۱۳۲۹۱/۱**	۱۲۲۴/۴۸**
پرتو UV-C × DPI × زمان	۸	۴۹۰۹/۲**	۲۶۱۵۱/۸**	۱۲۱۸/۷۱**
خطای کل	۶۰	۵۲۰/۲۳	۱۴۴۱/۶۹	۸۴/۶۹
ضریب تغییرات %(C.V)	_	۲۸/۹۷	۲۷/۱۷	۲۸/۰۵

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر پرتو UV-C، DPI و زمان بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (Unit mg^{1} fw) در فلفل دلمه‌ای

	UV-C	۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۰		۵ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۵		۱۰(kJ m^{-2} s^{-1}) ۱۰	
	DPI (میکرومولار)	۰	۱	۰	۱	۰	۱
زمان (روز)	۰	۷۹/۳۴$^{d-i}$	۳۳/۶۸^{hij}	۷۲/۱۵$^{d-i}$	۵۶/۰۸$^{e-j}$	۴۴/۸۳$^{g-j}$	۵۲/۷۶$^{f-j}$
	۷	۷۴/۱۳$^{d-i}$	۴/۶۵^{j}	۹۰/۱۹$^{d-h}$	۵۲/۵۸$^{f-j}$	۱۱۳/۷۰$^{b-e}$	۹۰/۵۸$^{d-h}$
	۱۴	۱۲۱/۶۹^{bcd}	۹۷/۶۰$^{c-g}$	۳۴/۹۴^{hij}	۵۴/۰۶$^{f-j}$	۶۴/۹۲$^{d-i}$	۱۰۸/۸۳$^{c-f}$
	۲۱	۷۷/۸۰$^{d-i}$	۲۰۱/۴۷^{a}	۱۴۸/۱۹^{bc}	۱۶۴/۹۹^{ab}	۹۱/۱۴$^{d-h}$	۵۳/۶۲$^{f-j}$
	۲۸	۷۹/۷۳$^{d-i}$	۶۸/۹۶$^{d-i}$	۲۰/۵۸^{ij}	۱۰۹/۹۰$^{c-f}$	۷۰/۶۸$^{d-i}$	۲۸/۰۱^{ij}

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

مشاهده نشد. در این نمونه‌ها تیمار DPI نتوانست تغییر معنی‌داری القا نماید.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر پرتو UV-C، DPI و زمان بر فعالیت آنزیم کاتالاز (Unit mg^{1} fw) در فلفل دلمه‌ای

	UV-C	۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۰		۵ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۵		۱۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۱۰	
	DPI (میکرومولار)	۰	۱	۰	۱	۰	۱
زمان (روز)	۰	۱۵۳/۲۳$^{b-f}$	۱۱۵/۲۵$^{c-f}$	۱۷۳/۳$^{b-e}$	۱۵۸/۶۲$^{b-e}$	۱۲۱/۶۵$^{c-f}$	۵۶/۵۱^{f}
	۷	۵۶/۶۵^{f}	۱۰۰/۳۶^{def}	۱۶۱/۸$^{b-e}$	۸۶/۵۳^{ef}	۱۱۱/۷۱^{def}	۱۵۰/۱۳$^{b-f}$
	۱۴	۸۲/۴۷^{ef}	۱۱۶/۶۳$^{c-f}$	۱۰۴/۶^{def}	۱۸۶/۳۷^{bcd}	۱۷۰/۶۷$^{b-e}$	۳۳۲/۷۵^{a}
	۲۱	۱۳۵/۲$^{b-f}$	۱۱۹/۵۲$^{c-f}$	۹۱/۸۴^{def}	۲۱۲/۷^{bc}	۱۱۷/۶۷$^{c-f}$	۹۹/۲۳^{def}
	۲۸	۵۵/۹۴^{f}	۱۴۶/۰۲$^{b-f}$	۹۹/۵۶^{def}	۲۳۰/۷^{b}	۳۸۷/۲۳^{a}	۵۷/۱۹^{f}

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

کاتالاز: پرتودهی UV-C با شدت ۱۰ kJ m^{-2} s^{-1} در روز ۲۸ انبارداری فعالیت آنزیم کاتالاز را به‌طور معنی‌داری تقویت نمود. نمونه‌های تحت تیمار در این زمان بالاترین میزان فعالیت را نشان دادند. در این گروه تیمار DPI با غلظت ۱ میکرومولار باعث تسریع در افزایش فعالیت کاتالاز و بالارفتن آن به Unit mg1 fw ۳۳۲/۷۵ در روز ۱۴ انبارداری گردید (جدول ۷).

پراکسیداز: نتایج نشان داد، تحت تیمار UV-C ۵ kJ m^{-2} s^{-1} در روز ۱۴ انبارمانی، فعالیت آنزیم پراکسیداز به بیشترین میزان با ۸۲/۲۳ Unit mg^{1} fw رسید. در این گروه در نمونه‌های تیمارشده با DPI ۱ میکرومولار فعالیت آنزیم پراکسیداز (۵۱/۷۱ Unit mg^{1} fw) در روز پایان انبارداری بالاتر بود. در بین تمام تیمارهای مورد بررسی در پایان ۲۸ روز انبارداری بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در نمونه‌های تحت تیمار با UV-C ۵ kJ m^{-2} s^{-1} همراه با DPI ۱ میکرومولار مشاهده گردید.

پرتودهی با بالاترین سطح UV-C (۱۰ kJ m^{-2} s^{-1}) تا روز ۷ انبارداری منجر به افزایش قابل ملاحظه‌ای در فعالیت این آنزیم در مقایسه با نمونه‌های شاهد گردید. پس از آن روند رو به کاهشی را دنبال نمود و در پایان این دوره تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شاهد مشاهده نشد. در این دسته در میوه‌های غوطه-ور در محلول DPI میزان فعالیت پراکسیداز تا روز ۲۱ انبارداری بدون تغییر حفظ شد و در روز پایانی به کمترین میزان خود رسید (جدول ۸).

افزایش اکسیژن فعال و رادیکال‌های آزاد در طی فرآیند رسیدن میوه‌ها و در اثر تنفس سلولی، همچنین متابولیسم اکسیداتیو که در محصولات صورت می‌گیرد، می‌تواند منجر به ایجاد خسارت به غشاهای زیستی گردد. برای جلوگیری از ایجاد خسارت توسط رادیکال‌های آزاد، سلول‌ها از استراتژی جالبی بهره می‌گیرند که توسعه سیستم آنتی‌اکسیدانتی است (Spinardi *et al.*, 2005). آنتی‌اکسیدان‌ها با دادن الکترون به رادیکال‌های آزاد، خود اکسیده شده و قدرت اکسیدکنندگی و ایجاد خسارت توسط رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند (Gholamnezhad *et al.*, 2016). در شرایط تنش در گیاه به‌طور طبیعی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز افزایش می‌یابد. این ترکیبات با حذف رادیکال‌های آزاد موجب جلوگیری از خسارت به بافت‌های گیاهی می‌شوند. با قطع ارتباط بافت میوه با گیاه مادری و افزایش تنش در طول دوره انبارمانی، میزان مواد ذخیره‌ای و پیش ماده‌های آنتی‌اکسیدانی نیز کاهش می‌یابد (Xing *et al.*, 2011).

آنزیم پراکسیداز از جمله آنزیم‌های پاداکسایشی مهمی است که در پاک‌سازی گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن نقش دارد و درنتیجه به‌عنوان مکانیسمی برای ترمیم آسیب‌های اکسایشی سلولی محسوب می‌شود. افزایش فعالیت پراکسیداز در میوه‌های شاهد و تیمارشده طی مدت نگهداری تأیید می‌کند که واکنش‌های تخریبی در طول مدت نگهداری رخ می‌دهند. افزایش فعالیت پراکسیداز در میوه‌های شاهد می‌تواند با افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر پرتو UV-C، DPI و زمان بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در فلفل دلمه‌ای

	UV-C	۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۰		۵ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۵		۱۰ (kJ m^{-2} s^{-1}) ۱۰	
	DPI (میکرومولار)	۰	۱	۰	۱	۰	۱
زمان (روز)	۰	۳۱/۳۹$^{e-j}$	۲۸/۳۸$^{f-j}$	۲۴/۶۱$^{f-j}$	۱۸/۴۰$^{f-j}$	۶۱/۶۶^{b}	۹/۵۴^{ij}
	۷	۹/۵۴^{ij}	۵۴/۱۹^{bcd}	۲۵/۸۲$^{f-j}$	۲۹/۴$^{e-j}$	۶۰/۱۷^{b}	۱۴/۷۹$^{h-j}$
	۱۴	۵۸/۴۱^{bc}	۲۴/۱۱$^{f-j}$	۸۲/۲۳^{a}	۳۷/۱$^{c-h}$	۲۹/۴۲$^{e-j}$	۳۲/۷۰$^{d-i}$
	۲۱	۱۵/۵۶$^{g-j}$	۳۸/۸۱$^{b-g}$	۴۰/۹۵$^{b-f}$	۵۷/۹۷^{bc}	۱۶/۱۸$^{g-j}$	۱۹/۶۹$^{f-j}$
	۲۸	۲۰/۲۹$^{f-j}$	۲۰/۸۷$^{f-j}$	۱۹/۷۶$^{f-j}$	۵۱/۷۱$^{b-e}$	۴۲/۰۹$^{b-f}$	۸/۳۸^{j}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن).

فعالیت واحدهای آنزیمی از پیش موجود یا سنتز مجدد آن‌ها در ارتباط باشد. نتایج نشان داد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌شدت تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش قرار می‌گیرد. پرتو UV-C باعث افزایش میزان گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود که باعث ایجاد تنش اکسیداتیو می‌گردد. سلول‌های گیاهی برای حفاظت در مقابل آسیب‌های اکسیداتیو مجهز به سیستم جاروب‌کننده رادیکال‌های آزاد هستند، این سیستم شامل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و نیز سیستم غیرآنزیمی شامل آسکوربیک اسید، کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها و ... است. آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز گیاهان را در برابر تنش اکسایشی با تبدیل رادیکال‌های سوپراکسید به پراکسید هیدروژن و تجزیه H_2O_2 به آب و اکسیژن محافظت می‌کنند که در این فرآیند سوپراکسید دیسموتاز باعث تبدیل رادیکال‌های سوپراکسید به پراکسید هیدروژن و کاتالاز و پراکسیدازها باعث تجزیه پراکسید هیدروژن به آب می‌شود. تیمار فلفل دلمه‌ای توسط اشعه UV-C باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز شد. مشابه این نتایج برای گیاهانی مانند آرابیدوپسیس، ذرت، سیب‌زمینی و کلزا در پاسخ به تأثیر پرتو UV گزارش شده است (Tossi *et al.*, 2009; Muller *et al.*, 2014). به نظر می‌رسد که پرتودهی UV-C بتواند با تقویت مکانیسم‌های دفاعی و تقویت سطح آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی در راستای مهار این رادیکال‌ها و بهبود ماندگاری محصولات باغبانی مؤثر واقع شود (Chen *et al.*, 2011).

تیمار DPI بازدارنده تولید H_2O_2 است و از فعالیت NADPH اکسیداز جلوگیری می‌نماید. علاوه بر داشتن نقش کاتالیزوری بالقوه، H_2O_2 درون‌زا به‌عنوان یک مولکول سیگنالی حیاتی در مسیر فنیل پروپانوئید عمل می‌کند و فعالیت‌های فنیل آلانین آمونیالیاز را فعال می‌کند و درنتیجه باعث تحریک بیوسنتز لیگنین می‌شود. تیمار DPI این افزایش را به‌وسیله جلوگیری از فعالیت H_2O_2 به تأخیر می‌اندازد. DPI فعالیت فلاوآنزیم‌ها را مهار می‌کند. اغلب به‌عنوان یک بازدارنده خاص در نظر گرفته می‌شود (Massart *et al.*, 2014). در پژوهشی مشاهده گردید، تیمار با DPI از تجمع H_2O_2 و O_2 و افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و NADPH اکسیداز در میوه طالبی جلوگیری کرد. همچنین تحت پیش‌تیمار DPI، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در میوه طالبی افزایش معنی‌داری یافت (Ge *et al.*, 2015)، که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. اگر چه در برخی از محصولات ممکن است این تأثیر کاهشی باشد، این نتایج نشان می‌دهد که فعالیت آنزیم کاتالاز ممکن است تحت تأثیر ویژگی‌های خاص میوه‌ها یا محصولات باغبانی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، تیمارهای ترکیبی UV-C و DPI تأثیر مثبت و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

معنی‌داری را بر خصوصیات کیفی فلفل دلمه‌ای در پایان دوره انبارمانی نشان داد. بر طبق نتایج، پرتودهی UV-C در سطح ۵ kJ m^{-2} s^{-1} و تیمار DPI با غلظت ۱ میکرومولار می‌توانند با تقویت مکانیسم‌های دفاعی و تقویت سطح آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی در راستای مهار رادیکال‌های آزاد اکسیژن و بهبود ماندگاری محصولات باغبانی مؤثر واقع شوند. این روش به‌عنوان یک راهکار جدید با تقویت سطح ترکیبات بیواکتیو، رنگیزه‌های کاروتنوئیدی، میزان فنل کل و محتوای قند میوه فرایند پیری را به تأخیر انداخته, عمر پس از برداشت محصول را همراه با حفظ ارزش غذایی بهبود بخشید.

منابع

Agati, G., Biricolti, S., Guidi, L., Ferrini, F., Fini, A. and Tattini, M. (2011) The biosynthesis of flavonoids is enhanced similarly by UV radiation and root zone salinity in *Ligusterum vulgare* leaves. Journal of Plant Physiology 168: 204-212.

Ali, I., Lone, M. N., Suhail, M., Mukhtar, S. D. and Asnin, L. (2016) Advances in nanocarriers for anticancer drugs delivery. Current Medicinal Chemistry 23: 2159-87.

Altenhöfer, S., Radermacher, K. A., Kleikers, P. W. M., Wingler, K. and Schmidt, H. H. H. W. (2015) Evolution of NADPH oxidase inhibitors: Selectivity and mechanisms for target engagement. Antioxidants and Redox Signaling 23: 406-427.

Athmouni, K., Belghith, T., El Fek, A. and Ayadi, H. (2016) Phytochemical composition and antioxidant activity of extracts of some medicinal plants in Tunisia. International Journal of Pharmacology and Toxicology 4: 159-168.

Bacelar, E., Moutinho-Pereira, J., Ferreira, H. and Correia, C. (2015) Enhanced Ultraviolet-B radiation affect growth, yield and physiological processes on triticale plants. Procedia Environmental Sciences 29: 219-220.

Bian, S. and Jiang, Y. (2009) Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. Scientia Horticulturae 120: 264-270.

Blanco-Rios, A. K., Medina-Juarez, L. A., Gonzalez-Aguilar, G. A. and Gamez-Meza, N. (2013) Antioxidant activity of the phenolic and oily fractions of different sweet bell peppers. Journal of the Mexican Chemical Society 57: 137-143

Bourgou, S., Tammar, S., Salem, N., Mkadmini, K. and Msaada, K. (2016) Phenolic composition, essential oil, and antioxidant activity in the aerial part of *Artemisia herba-alba* from several provenances: A comparative study. International Journal of Food Properties 19: 549-563.

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for quantitation of micro quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-258.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. and Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Science and Technology 28: 25-30.

Cadet, J. and Richard Wagner, J. (2013) DNA base damage by reactive oxygen species, oxidizing agents, and UV radiation. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology 5: 1-19.

Chaki, M., de Morales, P. A., Ruiz, C., Begara-Morales, J. C., Barroso, J. B., Corpas, F. J. and Palma Author Notes, J. M. (2015) Ripening of pepper (*Capsicum annuum*) fruit is characterized by an enhancement of protein tyrosine nitration. Annals of Botany 4: 637-647.

Chanasut, U., Rattanpanone, N., Boonyakiat, D. and Kampoun, W. (2018) Chilling injury susceptibility of early-season 'Sai Nam Peung' tangerine fruit and alteration of α-farnesene and conjugated trienols during low temperature storage. Chiang Mai Journal of Science 45: 147-153.

Chang-hong, L., Lu-yun, C., Xian-ying, L., Xiao-xu, H. and Tie-jin, Y. (2012) Effect of postharvest UV-C irradiation on phenolic compound content and antioxidant activity of tomato fruit during storage. Journal of Integrative Agriculture 11: 159-165.

Chen, X., Hu, Y. and Zhou, D. X. (2011) Epigenetic gene regulation by plant Jumonji group of histone demethylase. Biochimica et Biophysica Acta 1809: 421-426.

Chograni, H., Riahi, L., Zaouali, Y. and Boussaid, M. (2013) Polyphenols, flavonoids, antioxidant activity in leaves and flowers of Tunisian *Globularia alypum* L. (Globulariaceae). African Journal of Ecology 51: 343-347.

Correa de Souza, T., Cesar Magalhaes, P., Mauro de Castro, E., Portilho Carneiro, N., Andrade Padilha, F., Cesar, C. and Junior, G. (2014) ABA application to maize hybrids contrasting for drought tolerance: Changes in water parameters and in antioxidant enzyme activity. Journal of Plant Growth Regulation 73: 205-217.

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.

Courtney, A. J., Xu, J. and Xu, Y. (2016) Responses of growth, antioxidants and gene expression in smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) to various levels of salinity. Plant Physiology and Biochemistry 99: 162-170.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

Dyshlyuk, L., Babich, O., Prosekov, A., Ivanova, S., Pavsky, V. and Chaplygina, T. (2020) The effect of postharvest ultraviolet irradiation on the content of antioxidant compounds and the activity of antioxidant enzymes in tomato. Heliyon 6: e03288.

Erkan, M., Wang, S. Y. and Wang, C. Y. (2008) Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology 48: 163-171.

Esua, O. J., Chin, N. L., Yusof, Y. F. 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.

Fang, W. and Kao, H. (2000) Enhanced peroxidase activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc. Plant Science 158: 71-76.

Farhan, H., Malli, F., Rammal, H., Hijazi, A., Bassal, A., Ajouz, N. and Badran, B. (2012) Phytochemical screening and antioxidant activity of Lebanese *Eryngium creticum* L. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 2: S1217-S1220.

Fernandez-Garcia, E. (2014) Skin protection against UV light by dietary antioxidants. Food and Function 5: 1994-2003.

Fratianni, F., D'Acierno, A., Cozzolino, A., Spigno, P., Riccardi, R., Raimo, F., Pane, C., Zaccardelli, M., Lombardo, V. T. and Tucci, M. (2020) Biochemical characterization of traditional varieties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) of the Campania Region, Southern Italy. Antioxidants 9: 556.

Ge, Y., Deng, H., Bi, Y., Li, C., Liu, Y. and Dong, B. (2015) Postharvest ASM dipping and DPI pre-treatment regulated reactiveoxygen species metabolism in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology 99: 160-167.

Gerszberg, A. and Hnatuszko-Konka, K. (2017) Tomato tolerance to abiotic stress: A review of most often engineered target sequences. Plant Growth Regulation 83: 175-198.

Gholamnezhad, Z., Havakhah, S. and Boskabady, M. H. (2016) Preclinical and clinical effects of *Nigella sativa* and its constituent, thymoquinone: A review. Journal of Ethnopharmacology 190: 372-386.

Gong, L., Takamay, K. and Kjelleberg, S. (2002) Role of Spo–T–dependent ppGpp accumulation in the survival of light – exposed starved bacteria. Microbiology 148: 559-570.

Guerreiro, D., Madureira, J., Silva, T., Melo, R. and Verde, S. C. (2016) Post-harvest treatment of cherry tomatoes by gamma radiation: Microbial and physicochemical parameters evaluation. Innovative Food Science and Emerging Technologies 36: 1-9.

Hamed, M., Kalita, D., Bartolo, M. E. and Jayanty, S. S. (2019) Capsaicinoids, polyphenols and antioxidant activities of *Capsicum annuum*: Comparative study of the effect of ripening stage and cooking methods. Antioxidants 8: E364.

Han, C., Li, J., Jin, P., Li, X. A., Wang, L. and Zheng, Y. H. (2017) The effect of temperature on phenolic content in wounded carrots. Food Chemistry 215: 116-123.

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: 47-56.

Heinze, M., Hanschen, F. S., Wiesner-Reinhold, M., Baldermann, S., Grafe, J. and Schreiner, M. (2018) Effects of developmental stages and reduced UVB and Low UV conditions on plant secondary metabolite profiles in Pak Choi (*Brassica rapa* subsp. chinensis). Journal of Agricultural and Food Chemistry 66: 1678-1692.

Jiang, T., Jahangir, M. M., Jiang, Z., Lu, X. and Ying, T. (2010) Influence of UV-C treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and texture of postharvest shiitake (*Lentinus edodes*) mushrooms during storage. Postharvest Biology and Technology 56: 209-215.

Jiang, Y., Yu, L., Hu, Y., Zhu, Z., Zhuang, C., Zhao, Y. and Zhong, Y. (2020) The preservation performance of chitosan coating with different molecular weight on strawberry using electrostatic spraying technique. International Journal of Biological Macromolecules 151: 278-285.

Kasim, M. U. and Kasim, R. (2018) The effects of ultraviolet B (UV-B) irradiation on color quality and decay rate of Capia pepper during postharvest storage. Food Science and Technology 38: 363-368.

Kovacs, E. and Kereszfes, A. (2002) Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. Micron 33: 199-210.

Lemoine, M. L., Civello, P. M., Chaves, A. R. and Martinez, G. A. (2007). Effect of combined treatment whit hot air and UV-C on senescene and quality parameters of minimally minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* var. italica). Postharvest Biology and Technology 32: 108-116.

Li, D., Limwachiranon, J., Li, L., Zhang, L., Xu, Y., Fu, M. and Luo, Z. (2019) Hydrogen peroxide accelerated the lignification process of bamboo shoots by activating the phenylpropanoid pathway and programmed cell death in postharvest storage. Postharvest Biology and Technology 153: 79-86.

Li, X., Li, M., Han, C., Jin, P. and Zheng, Y. (2017) Increased temperature elicits higher phenolic accumulation in fresh-cut pitaya fruit. Postharvest Biology and Technology 129: 90-96.

Liochev, S. I. (2013) Reactive oxygen species and the free radical theory of aging. Free Radical Biology and Medicine 60: 1-4.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

Liu, L. H., Zebaras, 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.

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.

Massart, C., Giusti, N., Beauwens, R., Dumont, J. E., Miot, F. and Van Sande, J. (2014) Diphenyleneiodonium, an inhibitor of NOXes and DUOXes, is also an iodide-specific transporter. FEBS Open Bio 4: 55-59.

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.

Muller-Xing, R., Xing, Q. and Goodrich, J. (2014) Footprints of the sun: Memory of UV and light stress in plants. Frontiers in Plant Science 5: 1-12.

Nasirifar, S. Z., Maghsoudlou, Y. and Oliyaei, N. (2018) Effect of active lipid-based coating incorporated with nanoclay and orange peel essential oil on physicochemical properties of *Citrus sinensis*. Food Science and Nutrition 6: 1508-1518.

Nelson, N. (1944) A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. Journal of Biological Chemistry 153: 375-379.

Nissa, C., Arifan, F., Febrianto, R., Aditya, W., Dwimawanti, I. H. and Pramudyono Widyasmara, R. (2019) Effect of sugar on nutrient composition and shelf life of red guava jams. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 406: 012027.

Norazian, M. H., Nurul Asyiqin, Y., Amirah Fareeza, Y., Nurul Nasyitah, M. R. and Rashidi, O. (2019) Carotenoids of capsicum fruits: Pigment profile and health-promoting functional attributes. Antioxidants 8: 469.

Palma, J. M., Teran, F., Contreras-Ruiz, A., Rodriguez-Ruiz, M. and Corpas, F. J. (2020) Antioxidant profile of pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits containing diverse levels of capsaicinoids. Antioxidants 9: 878.

Papoutsis, K., Quan, V., Pristijono, V. P., Golding, J. B., Bowyer, M. C., Scarlett, C. J. and Stathopoulos, C. E. (2016) Enhancing the total phenolic content and antioxidants of lemon pomace aqueous extracts by applying UV-C irradiation to the dried powder. Foods 5: 1-10.

Park, M. H. and Kim, J. G. (2015) Low-dose UV-C irradiation esduces the microbial population and preserves antioxidant levels in peeled garlic (*Allium sativum* L.) during storage. Postharvest Biology and Technology 100: 109-112.

Perez-Lopez, A., Ramirez-Guzman M. E., Espinosa Solares, T., Aguirre-Mandujano, E. and Villasenor-Perea, C. A. (2020) Postharvest respiration of fruits and environmental factors interaction: An approach by dynamic regression models. Scientia Agropecuaria 11: 23-29.

Plaza, L., Sanchez-Moreno, C., De Ancos, B., ElezMartinez, P., Marin-Belloso, O. and Cano, M. P. (2011) Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization. LWT - Food Science and Technology 44: 834-39.

Pristijono, P., Golding, J. B. and Bowyer, M. C. (2019) Postharvest UV-C treatment, followed by storage in a continuous low-level ethylene atmosphere, maintains the quality of 'Kensington Pride' mango fruit stored at 20 ˚C. Horticulturae 5: 1.

Ribeiro, C., Canada, J. and Alvarenga, B. (2012) Prospects of UV radiation for application in post-harvest technology. Emirates Journal of Food and Agriculture 24: 586-597.

Safari, Z. S., Ding, P., Juju Nakasha, J. and Yusof, S. F. (2020) Combining chitosan and vanillin to retain postharvest quality of tomato fruit during ambient temperature storage. Coatings 10: 1222.

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: 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: 144-158.

Smith, J. H. C. and Benitez, A. (1955) Chlorophylls: Analysis of plant materials. In: Modern Methods of Plant Analysis (eds. Paech, K. and Tracey, M. V.) Pp. 142-196. Springer Publ, Berlin.

Spinardi, A. M. (2005) Effect of harvest date and Storage on antioxidant systems in pears. Acta Horticulture 7: 682.

Stewart, I. (1977) Provitamin A and carotenoid content of citrus juices. Journal of Agricultural and Food Chemistry 25: 1132-1137.

Teoh, L. S., Lasekan, O., Adzahan, N. M. and Hashim, N. (2016) The effect of combinations of UV-C exposure with ascorbate and calcium chloride dips on the enzymatic activities and total phenolic content of minimally processed yam slices. Postharvest Biology and Technology 120: 138-144.

Tossi, V., Lamattina, L. and Cassia, R. (2009) An increase in the concentration of abscisic acid is critical for nitric oxide-mediated plant adaptive responses to UV-B irradiation. The New Phytologist 181: 871-879.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

Ulm, R. and Nagy, F. (2005) Signalling and gene regulation in response to ultraviolet light. Plant Biology 8: 477-482.
Wellburn, A. R. (1994) The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. Journal of Plant Physiology 144: 307-313.
Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y. and Tang, Y. (2011) Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Food Chemistry 124: 1443-1450.
Zhao, W., Bai, J., Mccollum, G. and Baldwin, E. (2014) High incidence of preharvest colonization of huanglongbing-symptomatic *Citrus sinensis* fruit by Lasiodiplodia theobromae (*Diplodia natalensis*) and exacerbation of postharvest fruit decay by that fungus. Applied and Environmental Microbiology 81: 364-372.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]

Effect of postharvest UV-C irradiation and DPI treatment on some biochemical characteristics of sweet pepper fruits (*Capsicum annuum* var. Nirvin) during storage

Mehrdad Nazari[1], Fariba Khalili[2*], Rahele Ebrahimi[1], Younes Mostofi[3], Mehrdad Jafarpour[2]

[1] Department of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Department of Horticultural sciences, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
[3] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran
(Received: 24/08/2021, Accepted: 18/10/2021)

Abstract

Sweet pepper is one of the most important commercial vegetable with short postharvest life and high susceptibility to fungal diseases. This research was conducted based on complete randomized factorial design with two treatments of UV-C radiation (0, 5 and 10 kJ $m^{-2}s^{-1}$) and DPI dipping (0 and 1 µM) with 3 replications on sweet pepper fruits. The effects of these treatments were studied on some attributes changes throughout 28 days at 7ºC. The results showed that carotenoid content reduced during 28 days of storage. Treatment of 5 kJ $m^{-2}s^{-1}$ UV-C and combination of 10 kJ $m^{-2}s^{-1}$ and DPI treatment caused an increase in carotenoid content that generally kept the same values than initial value after 28 days at 7 ºC. After 10 kJ UV-C m^{-2} treatment, an important initial stress was found and treated samples conserved antioxidant contents regarding the initial content. In these samples DPI dipping generally reduced the antioxidant capacity on the 28 day. The medium illumination dose showed the highest total phenolics content and reducing sugar. Combination of 10 kJ UV-C m^{-2} illumination and DPI treatment caused conservation of protein content after 28 days at 7 ºC. SOD activity increased on 21th day of storage in treated samples with 5 kJ $m^{-2}s^{-1}$ UV-C and 1 µM DPI. 10 kJ UV-C m^{-2} caused an increase in catalase activity on the last day of storage. Illuminated samples with 5 kJ UV-C m^{-2} showed the highest peroxidase activity on 14th day at 7 ºC. Based on the results, a pretreatment of UV-C radiation and DPI dipping was found as an effective technique for quality preservation of sweet pepper fruits during storage.

Key words: Catalase Enzyme, Protein, Oxidative Stress, Superoxide dismutase, Antioxidant activity

Corresponding author, Email: f.khalili@khuisf.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.14.3]