

Plant Prod., 42(2) (2019) 181-194
DOI: 10.22055/ppd.2019.18805.1367

ISSN (P): 2538-543x
ISSN (E): 2588-5979

The Effect of UV-C Radiation on Alleviating Chilling Injuries of Persimmon Fruit Cv. Kashan During Cold Storage

Zahra Sadat Asgareyan¹, Mohammad Sayyari^{2*} and Mahmood Asnaashari³

- 1- M.Sc. Graduate of Horticultural Sciences, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran
- 2- ***Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran (m.sayyari@basu.ac.ir)
- 3- Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran

Received: 30 July, 2016

Accepted: 8 March, 2017

Abstract

Background and Objectives

With the increasing interest for the development in the cultivation of persimmon, there is neither suitable technology nor enough information about the postharvest behavior and the storability of this fruit in many countries, such as Iran. Softening, chilling injury, and the occurrence of different diseases are the limiting factors for the postharvest life of persimmons fruits during cold storage. Ultraviolet-C (UV-C) light radiation has recently been suggested in controlling the decay and reducing the chilling injury of some fruits. Therefore, this study was conducted to evaluate the effects of UV-C treatments with different doses on alleviating chilling injuries and maintaining the qualitative attributes of persimmon fruits during storage.

Materials and Methods

The persimmon fruits cv. 'Kashan' were harvested from a commercial orchard near Kashan city. UV-C treatments were carried out at 0 (as control), 5 minutes irradiation from 15 and 30 cm distance with 3.2 and 0.8 kJm⁻², and 10-minute irradiation from 15 and 30 cm distance with 16.4 and 4.1 kJm⁻². After 1, 2, 3, and 4 months, fruits were removed from storage and chilling injury indices, polyphenol oxidase (PPO) activity, and some quality attributes were measured.

Results

The effect of UV-C treatments on weight loss, chilling index, electrolyte leakage, lipid peroxidation, and PPO activity was influential during storage. High weight loss percentage (6.84) and chilling symptom (40) were observed in irradiated fruits with 16.43 kJm⁻² and a low level of the mentioned parameters was seen in 3.2 kJm⁻² treatment. A high level of electrolyte leakage (80.49) and lipid peroxidation (1.78 nM g⁻¹ FW) were detected in treated fruits with 4.1 and 16.43 kJm⁻² and a low level of the above parameters was observed in the non-treated and treated fruits with 3.2 kJm⁻². The application of UV-C with a high dose increased PPO activity (9.7 u gr⁻¹ FW) in comparison to other treatments during storage.

Discussion

Our results suggest that the application of UV-C irradiation at a low level after harvest could increase the postharvest life of 'Kashan' persimmon by controlling chilling injuries and preserving

the fruit quality. However, it is worth mentioning that the chilling symptoms of persimmon were reduced by low doses of UV-C irradiation. In fact, UV-C treatment with high doses caused a high percentage of injured fruits. In conclusion, the use of UV-C radiation in controlling chilling injuries and maintaining the quality of persimmons fruits offers an interesting research area, considering the low risk of the treatments.

Keywords: chilling index, electrolyte leakage, malondialdehyde content, polyphenol oxidase

اثر پرتودهی با نور فرابنفش C بر کاهش سرمازدگی میوه خرمالو رقم کاشان طی انبارماني

زهرا سادات عسگریان^۱، محمد سیاری^{۲*} و محمود اثني عشری^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- *نویسنده مسؤل: دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (m.sayyari@basu.ac.ir)

۳- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۰۹

چکیده

در این مطالعه اثر پرتودهی نور فرابنفش C در شدت صفر (به عنوان شاهد)، ۵ دقیقه پرتودهی از فاصله ۱۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب با شدت ۳/۲ و ۰/۸ کیلوژول بر مترمربع و ۱۰ دقیقه پرتودهی از فاصله ۱۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب با شدت ۱۶/۴ و ۴/۱ کیلوژول بر مترمربع بر کاهش سرمازدگی و حفظ شاخص های کیفی خرمالو رقم کاشان در انبار طی سال های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ و در دانشگاه بوعلی سینا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پرتودهی روی کاهش وزن، شاخص سرمایی، نشت الکترولیت، پراکسیداسیون لیپید و فعالیت پلی فنل اکسیداز در طول دوره انبارماني مؤثر بود. بیشترین درصد کاهش وزن (۶/۸۴) و شاخص سرمایی (۴۰) در میوه های پرتوتابی شده با ۱۶/۴ کیلوژول بر مترمربع مشاهده شد و سطح پایین پارامترهای ذکر شده در تیمار ۳/۲ کیلوژول بر مترمربع دیده شد. سطح بالای نشت الکترولیت (۸۰/۴۹) و پراکسیداسیون لیپید (۱/۷۸ نانو مول بر گرم وزن تر) در میوه های تیمار شده با ۴/۱ و ۱۶/۴ کیلوژول بر مترمربع مشاهده شد و نیز سطح پایین پارامترهای ذکر شده در میوه های تیمار نشده و تیمار شده با ۳/۲ کیلوژول بر مترمربع به دست آمد. کاربرد پرتو فرابنفش C با دزهای بالا فعالیت پلی فنل اکسیداز (۹/۷ واحد بر گرم وزن تر) را در مقایسه با دیگر سطوح کاربردی پرتو فرابنفش C افزایش داد. با توجه به نتایج به دست آمده استفاده بعد از برداشت پرتو فرابنفش C در سطح پایین می تواند عمر پس از برداشت خرمالوی کاشان را با کنترل علائم آسیب سرمایی و حفظ کیفیت میوه افزایش دهد.

کلیدواژه ها: پلی فنل اکسیداز، شاخص سرمایی، مالون دی آلدئید، نشت یونی

مقدمه

برداشت محصولات باغبانی است. میوه خرمالو دارای عمر انباری کوتاهی بوده و به مدت محدودی در بازار عرضه می شود. بررسی و معرفی روش هایی که در عین افزایش عمر انباری مانع از خسارت سرمازدگی در این میوه شود، می تواند دوره عرضه این محصول را در بازار افزایش داده و زمینه توسعه مصرف و به دنبال آن کشت و کار آن را در کشور فراهم نماید (Khademi et al., 2013). با توجه به این که استفاده از برخی تیمارهای شیمیایی به دلیل داشتن

خرمالو (*Diospyros kaki* Thunb) مانند سایر میوه های گرمسیری و نیمه گرمسیری به سرمازدگی حساس بوده و هنگامی که در دمای پایین تر از حد بحرانی انبار می شود، عوارضی مانند ژله ای شدن گوشت، کاهش سفتی و قهوه ای شدن بیرونی و درونی میوه در آن ظاهر می شود (Woolf et al., 1997). یکی از مهم ترین اهداف محققین پس از برداشت، کاهش ضایعات و افزایش عمر پس از

است که پرتو دهی، رشد قارچ و پیری را در گوجه فرنگی به تأخیر انداخته و باعث افزایش اسید آسکوربیک و محتوای فنل کل میوه شده است (Chang-hong *et al.*, 2012).

این پژوهش بر آن است تا با کاربرد پرتو فرابنفش C علائم سرمازدگی در میوه خرمالو در طول انبارمانی را کاهش داده و کیفیت میوه در طول دوران انبارمانی را حفظ نماید.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های میوه خرمالو رقم کاشان از باغی در اطراف کاشان (منطقه راوند) در مرحله بلوغ تجاری در اواخر مهرماه سال ۱۳۹۳ برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه، میوه‌های سالم، یکنواخت و عاری از علائم بیماری جدا شدند. به منظور اعمال تیمار پرتو فرابنفش C، میوه‌ها در سطوحی از صفر (به‌عنوان شاهد)، ۵ دقیقه پرتو دهی از فاصله ۱۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب با ۳/۲ و ۰/۸ کیلوژول بر مترمربع و ۱۰ دقیقه پرتو دهی از فاصله ۱۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب با ۱۶/۴ و ۴/۱ کیلوژول بر مترمربع از منبع نوری (۳۰ وات، طول ۹۰ سانتی متر، طول موج ۲۵۴ نانومتر) پرتو دهی شدند. شدت نور تولیدی دستگاه با استفاده از UV-C سنج مدل هگنر ساخت سوئیس اندازه‌گیری شده و سپس میوه‌های پرتو دهی شده به انبار با دمای ± 1 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۸۵-۹۰ درصد منتقل شدند. اولین مرحله اندازه‌گیری صفات، قبل از اعمال تیمارها و شروع انبارداری انجام گرفت و پس از آن میوه‌ها در فواصل یک، دو، سه و چهار ماه از انبار سرد خارج و پس از سه روز نگهداری در دمای آزمایشگاه به عنوان عمر قفسه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. کلیه عملیات در آزمایشگاه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا انجام شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی

برای اندازه‌گیری کاهش وزن، خرمالوها قبل از ورود به انبار (W_0) و در زمان خروج (W_1) با ترازوی دیجیتالی

اثر سوء در سلامتی انسان در بسیاری از کشورها محدود شده و همچنین با افزایش آگاهی مصرف‌کننده و اجتناب آن‌ها از مصرف محصولاتی که در آن‌ها از مواد شیمیایی استفاده شده است، روش‌های جایگزین غیرشیمیایی مناسبی به منظور افزایش کیفیت و عمر انباری میوه‌ها و سبزی‌ها مورد نیاز است (Hemmati *et al.*, 2007; Mortazavi *et al.*, 2015).

پرتو فرابنفش برای گسترش عمر ماندگاری تعدادی از میوه‌ها و سبزی‌های تازه به کار برده شده است. این پرتو در محصولات تازه در طول موج بلند (فرابنفش A)، طول موج متوسط (فرابنفش B) و طول موج کوتاه (فرابنفش C) به کار برده می‌شود (Hosseini Sarghi *et al.*, 2012). فرابنفش نوع A و B در اتمسفر موجود می‌باشند، درحالی‌که از رسیدن نور فرابنفش نوع C به سطح زمین توسط لایه ازن جلوگیری می‌شود. پرتو فرابنفش C در استریلیزه کردن سطوح پلاستیک‌ها و برخی محصولات غذایی مؤثرتر از پرتو فرابنفش A و B می‌باشد (Perkins-Veazie *et al.*, 2008).

در تحقیقات مختلف نشان داده شده که با تیمار کوتاه‌مدت پرتو فرابنفش C، سرمازدگی تعدادی از محصولات در انبار کاهش یافت. برای نمونه حساسیت فلفل زنگوله‌ای به آسیب سرمایی با کاربرد پرتو فرابنفش C کاهش یافته است (Vicente *et al.*, 2005). تیمار پرتو فرابنفش C نقش مهمی در یکپارچگی غشاء و مهار فعالیت پلی فنل اکسیداز بازی کرده و شدت علائم سرمایی را کاهش داده و باعث تأخیر در رسیدن موز می‌شود (Pongprasert *et al.*, 2011). به کار بردن تیمارهای فرابنفش C به مدت ۳ و ۵ دقیقه موجب کاهش علائم آسیب سرمایی در هلو گردیده و باعث طولانی کردن عمر نگهداری آن‌ها در طول انبارداری در ۵ درجه سانتی گراد شد (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2004). تیمار پرتو فرابنفش C در ۲ سطح ۴ و ۸ کیلوژول بر مترمربع باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گوجه فرنگی شده است. در تعدادی از گزارش‌ها نیز آمده

مترمربع) بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از بررسی نرمال بودن آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

کاهش وزن میوه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر دوره انبارداری، تیمار پرتو فرابنفش C و اثر متقابل آن‌ها بر درصد کاهش وزن میوه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار و زمان نشان داد که در تمام دوره‌های انبارداری، میوه‌های پرتو دهی شده با شدت ۳/۲ کیلوژول بر مترمربع، از میزان تلفات آب کمتری برخوردار بودند و نیز میوه‌های پرتو دهی شده با سطوح دیگر پرتو، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۱ و جدول‌های ۲ و ۳).

از دلایل اصلی کاهش وزن میوه در انبار از دست دادن رطوبت است و از دیگر فاکتورهای مؤثر، تنفس میوه و سوختن مواد آلی از جمله قندهاست (Wills et al., 1989). کاربرد دزهای بالا از پرتو فرابنفش C برای بافت گیاه مضر می‌باشد. با این حال کاربرد پرتو فرابنفش C در دزهای پایین موجب القای پاسخ‌های استرسی مفید در بافت می‌شود (Lemoine et al., 2007). (Cuvi et al., 2011) بیان داشتند کاربرد تیمارهای کوتاه مدت پرتو فرابنفش C (۱۰ کیلوژول بر مترمربع، از فاصله ۳۰ سانتی متر) قبل از انبارداری از دست رفتن وزن را در فلفل‌های قرمز کاهش داده است.

سرمازدگی

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر دوره انبارداری و پرتو فرابنفش C روی خسارت سرمازدگی در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). به‌طور کلی، پس از پایان مدت انبارداری بالاترین میزان خسارت سرمازدگی مربوط به میوه‌های پرتو دهی شده با شدت ۱۶/۴ و ۴/۱ کیلوژول بر مترمربع بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند،

با دقت ۰/۱ گرم توزین شده و درصد کاهش وزن بر اساس فرمول محاسبه گردید.

$$\text{درصد کاهش وزن} = (W_0 - W_1) / W_0 \times 100$$

برای تعیین میزان خسارت سرمازدگی از مشاهده بصری ژله‌ای شدن گوشت با کمک درجه‌بندی Ozdemir et al. (2009) استفاده شد. اسیدیته قابل تیترا با استفاده از سود ۰/۱ نرمال و بر اساس غالیت اسید مالیک محاسبه گردید (Ramin and Tabatabaie, 2003).

pH آب میوه با استفاده از دستگاه پی‌اچ‌متر (مدل متروهم ساخت کشور سوئیس) اندازه‌گیری شد. برای تعیین محتوای مالون دی‌آلدئید، به‌عنوان شاخصی از میزان پراکسیداسیون لیپیدها، از روش Stewart and Bewley (1980) و با اعمال اندکی تغییر استفاده گردید که بر اساس آن جذب نوری نمونه آماده شده بر اساس پروتکل در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (واریان (VARIAN) مدل کری (CARY) ۱۰۰، ساخت کشور آمریکا) قرائت گردید. اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس درصد مهارکنندگی دی‌پی‌پی‌اچ (DPPH)، انجام شد (Kulkarni and Aradhya, 2005). جهت اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها به روش McCollum and McDonald (1991) عمل شد. به منظور اندازه‌گیری میزان تانن از معرف فولین دنیز استفاده شد (Taira et al., 1997). فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز نیز به روش Mahanil et al. (2008) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

طرح آزمایشی و تجزیه داده‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار (هر تکرار شامل ۵ عدد میوه) انجام شد که فاکتور اول شامل زمان انبارداری (۱، ۲، ۳ و ۴ ماه) و فاکتور دوم پرتو فرابنفش C (در سطوحی از صفر (به‌عنوان شاهد)، ۵ دقیقه پرتو دهی از فاصله ۱۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب با ۳/۲ و ۰/۸ کیلوژول بر مترمربع و ۱۰ دقیقه پرتو دهی از فاصله ۱۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب با ۱۶/۴ و ۴/۱ کیلوژول بر

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف پرتو فرابنفش C و زمان انبارمانی بر برخی خصوصیات میوه خرمالو

Table 1. Variance analysis of the effects of UV-C irradiation and storage periods on some attributes of persimon fruits

میانگین مربعات Mean squares										
فعالیت پلی فنل اکسیداز PPO activity	تانن محلول Soluble tannin	مالون دی آلدئید MDA	نشت یونی Electrolyte Leakage	ظرفیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity	پی اچ pH	اسیدیته قابل تیتراژ Titratable acidity	شاخص سرمازدگی Chilling index	کاهش وزن Weight Losses	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of Variation
537.98**	84.37**	3.40**	295.54**	2475.82**	0.43**	0.027**	15654.94**	324.04**	4	دوره انبارمانی Storage time
16.01*	0.20 ^{ns}	0.44**	1942.72**	94.70 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	509.11**	23.05**	4	پرتو دهی Irradiation
2.49 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.08**	44.11*	62.58 ^{ns}	0.021 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	137.04*	2.27**	16	دوره انبارمانی × پرتو دهی Storage time × Irradiation
4.59	0.53	0.01	23.21	46.98	0.023	0.0003	60.41	0.67	50	خطا Error
24.44	17.32	7.64	6.39	12.82	2.50	14.97	23.31	13.62	-	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

ns, * and ** non-significant, significant at the 1 and 5%, (49 = degree of freedom ppo activity).

ns, * and ** non-significant, significant at the 1 and 5%, (49 = degree of freedom ppo activity).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر دوره‌های انبارمانی بر صفات مورد بررسی میوه خرمالو

Table 2. Mean comparison of storage periods effects on some evaluated attributes of persimmon fruits

میانگین مربعات Mean squares									
دوره‌های انبارمانی (ماه)	کاهش وزن (درصد)	شاخص سرمازدگی	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)	بی‌اچ pH	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	نشت یونی (درصد)	مالون دی‌آلدئید (نانو مول بر گرم وزن تر)	تانن محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر)	فعالیت پلی فنل اکسیداز (واحد بر گرم وزن تر)
Storage time (months)	Weight Losses (%)	Chilling index	Titratable acidity (%)	pH	Antioxidant activity	Electrolyte leakage (%)	MDA (nM g ⁻¹ FW)	Soluble tannin (mg /g FW)	PPO activity (U g ⁻¹ FW)
0	0.00 ^e	0.00 ^d	0.234 ^a	5.89 ^d	70.00 ^a	57.36 ^d	1.08 ^d	7.15 ^a	2.87 ^c
1	3.36 ^d	0.00 ^d	0.147 ^b	6.10 ^c	60.71 ^b	71.88 ^c	1.16 ^d	5.59 ^b	4.20 ^c
2	6.28 ^c	39.16 ^c	0.138 ^b	6.09 ^c	54.13 ^c	78.00 ^b	1.47 ^c	4.65 ^c	6.61 ^b
3	8.42 ^b	57.91 ^b	0.117 ^c	6.23 ^b	45.33 ^d	84.30 ^a	1.87 ^b	2.30 ^d	14.53 ^a
4	12.17 ^a	69.58 ^a	0.106 ^c	6.35 ^a	37.10 ^e	85.10 ^a	2.25 ^a	1.36 ^e	16 ^a

میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

In each column means with the same letters are not significant at 5% level of Duncan test.

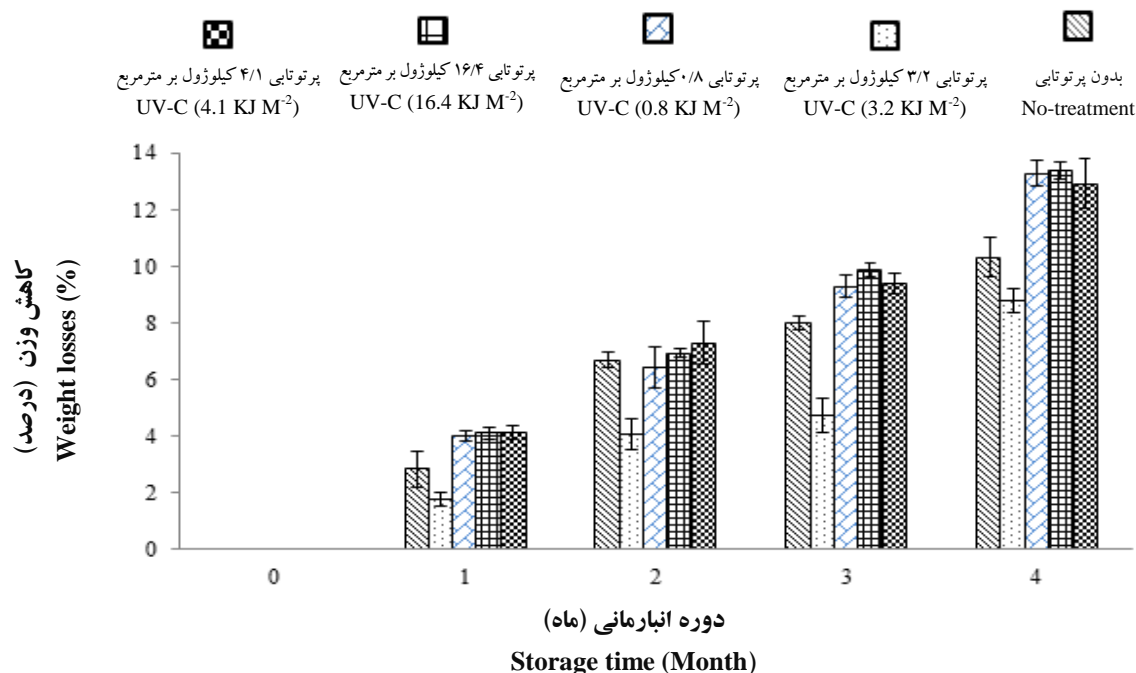
جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف پرتو فرابنفش C بر صفات مورد بررسی میوه خرمالو

Table 3. Mean comparison of UV-C effects on some evaluated attributes of persimmon fruits.

میانگین مربعات Mean squares									
سطوح پرتو فرابنفش C	کاهش وزن (درصد)	شاخص سرمازدگی	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)	بی‌اچ pH	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	نشت یونی (درصد)	مالون دی‌آلدئید (نانو مول بر گرم وزن تر)	تانن محلول (میلی گرم بر گرم وزن تر)	فعالیت پلی فنل اکسیداز (واحد بر گرم وزن تر)
UV-C levels	Weight Losses (%)	Chilling index	Titratable acidity (%)	pH	Antioxidant activity	Electrolyte leakage (%)	MDA (nM g ⁻¹ FW)	Soluble tannin (mg /g FW)	PPO activity (U g ⁻¹ FW)
U ₁	6.13 ^b	29.58 ^{bc}	0.156 ^a	6.08 ^a	55.39 ^a	72.98 ^{bc}	1.51 ^c	4.30 ^a	8.40 ^{ab}
U ₂	3.87 ^c	25.83 ^c	0.154 ^a	6.15 ^a	56.01 ^a	69.05 ^c	1.31 ^d	4.35 ^a	7.45 ^b
U ₃	6.59 ^{ab}	33.33 ^{bc}	0.145 ^a	6.14 ^a	53.26 ^{ab}	76.58 ^{ab}	1.52 ^c	4.17 ^a	8.65 ^{ab}
U ₄	6.84 ^a	40.00 ^a	0.145 ^a	6.13 ^a	49.62 ^b	80.49 ^a	1.78 ^a	4.16 ^a	9.64 ^a
U ₅	6.74 ^{ab}	37.91 ^a	0.143 ^a	6.15 ^a	52.98 ^{ab}	77.63 ^a	1.62 ^b	4.06 ^a	9.70 ^a

میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند (U₁: پرتو دهی نشده، U₂: ۳/۲ کیلوژول بر مترمربع، U₃: ۰/۸ کیلوژول بر مترمربع، U₄: ۱۶/۴ کیلوژول بر مترمربع، U₅: ۴/۱ کیلوژول بر مترمربع).

In each column means with the same letters are not significant at 5% level of Duncan test. (U₁: untreated, U₂: treated with 3.2KJ m⁻² of UV-C, U₃: treated with 0.8KJ m⁻² of UV-C, U₄: treated with 16.4KJ m⁻² of UV-C, U₅: treated with 4.1KJ m⁻² of UV-C).



شکل ۱- اثر متقابل دوره انبارمانی و پرتو فرابنفش C بر درصد کاهش وزن میوه خرمالو

Figure 1. Interaction effects of storage time and UV-C irradiation on weight loss of persimmon fruits

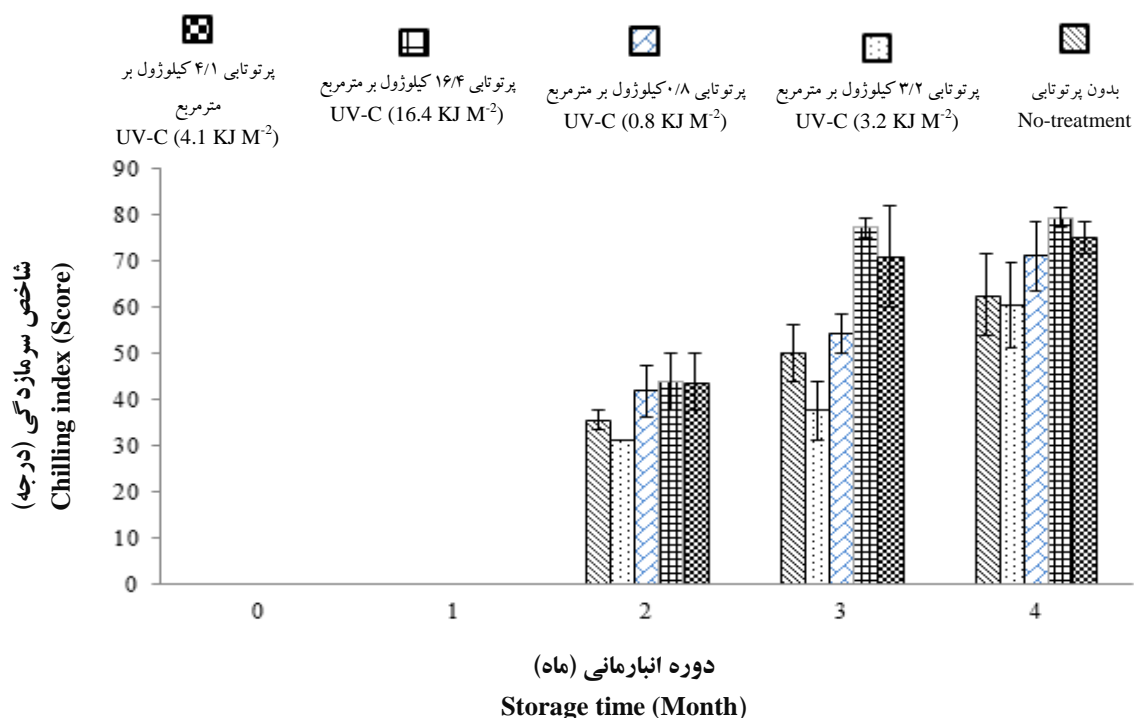
فرابنفش C موجب القای پاسخ‌های استرسی مفید گردیده که در از بین بردن گونه‌های اکسیژن واکنش گر (ناشی از دمای پایین) مؤثر بوده و اجزای سلولی را حفظ می‌کند (Lemoine *et al.*, 2007; Wise and Naylor, 1987).

اسیدیتته قابل تیتراسیون و پی‌اچ آب میوه

اثر دوره انبارداری بر اسیدیتته قابل تیترو و پی‌اچ در سطح یک درصد معنی دار شد. اثر پرتو فرابنفش C و اثر متقابل پرتو فرابنفش C و دوره انبارداری معنی دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد میزان اسید قابل تیتراسیون در همه تیمارها به مرور با افزایش زمان انبارداری کاهش و محتوای پی‌اچ روند افزایش داشته به طوری که بیشترین میزان پی‌اچ مربوط به ماه چهارم انبارداری و کمترین آن به نخستین مرحله اندازه‌گیری میوه‌ها اختصاص یافته است (جدول ۲). میزان کاهش اسیدیتته قابل تیترو در میوه‌های پرتوتابی شده با شدت ۱۶/۴ و ۴/۱ کیلوژول بر مترمربع بسیار بیشتر از میوه‌های پرتو دهی نشده و یا پرتو دهی با شدت ۳/۲ و ۰/۸ کیلوژول بر مترمربع بوده است (جدول ۳).

کمترین میزان خسارت سرمازدگی مربوط به میوه‌های پرتو داده شده با شدت ۳/۲ کیلوژول بر مترمربع و پس از آن مربوط به میوه پرتو دهی نشده بود (جدول‌های ۲ و ۳ و شکل ۲). علائم سرمازدگی به لحاظ تخریب بافت در گوشت میوه پس از انتقال میوه از انبار سرد به دمای اتاق بروز می‌کند (Lurie and Crisosto, 2005). دمای پایین انبار به عنوان یک تنش اکسایشی عمل نموده و با تولید گونه‌های اکسیژن واکنش گر، باعث خسارت سرمازدگی می‌گردد (Purvis, 2002). (Vicente *et al.* (2005) نشان دادند که پرتوتابی کوتاه‌مدت فرابنفش C (۷ کیلوژول بر مترمربع) موجب حفظ کیفیت میوه و همچنین بروز و شدت آسیب سرمای در فلفل قرمز را کاهش می‌دهد.

نتایج پژوهش‌های Pongprasert *et al.* (2011) نشان داد که کاربرد پرتو فرابنفش C (۰/۰۳ کیلوژول بر مترمربع از فاصله ۵۰ سانتی‌متری) تولید پراکسید هیدروژن را کاهش داده و همچنین علائم آسیب سرمای را در پوست موز کاهش داده است. تقلیل میزان علائم سرمازدگی در میوه‌های تیمار شده با دزهای پایین حاکی از آن است که پرتو



شکل ۲- اثر متقابل دوره انبارمانی و پرتو فرابنفش C بر شاخص سرمازدگی میوه خرما
Figure 2. Interaction effects of storage time and UV-C irradiation on chilling index of persimmon fruits

ظرفیت آنتی اکسیدانی

اثر دوره انبارداری بر ظرفیت آنتی اکسیدانی در سطح یک درصد معنی دار شد. اثر پرتو فرابنفش C و اثر متقابل پرتو فرابنفش C و دوره انبارداری معنی دار نشد (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در تمام دوره‌های انبارداری بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی مربوط به ماه اول انبارداری بوده و پس از آن یک روند کاهشی را طی کرده است (جدول ۲). میوه‌های پرتوتابی شده با شدت ۳/۲ کیلوژول بر مترمربع بدون این که اختلاف معنی داری با میوه‌های پرتوتابی نشده داشته باشند همواره از بیشترین میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی برخوردار بوده، کمترین آن به میوه‌های پرتوتابی شده با ۱۶/۴ کیلوژول بر مترمربع اختصاص یافت (جدول ۳).

Artes-Hernandez *et al.* (2009) با کاربرد سطوح پرتو فرابنفش C (صفر، ۴/۵۴، ۷/۹۴ و ۱۱/۳۵ کیلوژول بر مترمربع در فاصله ۱۵ سانتی‌متر) دریافتند که فعالیت آنتی اکسیدانی کل در دزهای بالاتر فرابنفش C (۷/۹۴ و ۱۱/۳۵ کیلوژول بر مترمربع) کاهش پیدا کرد، این

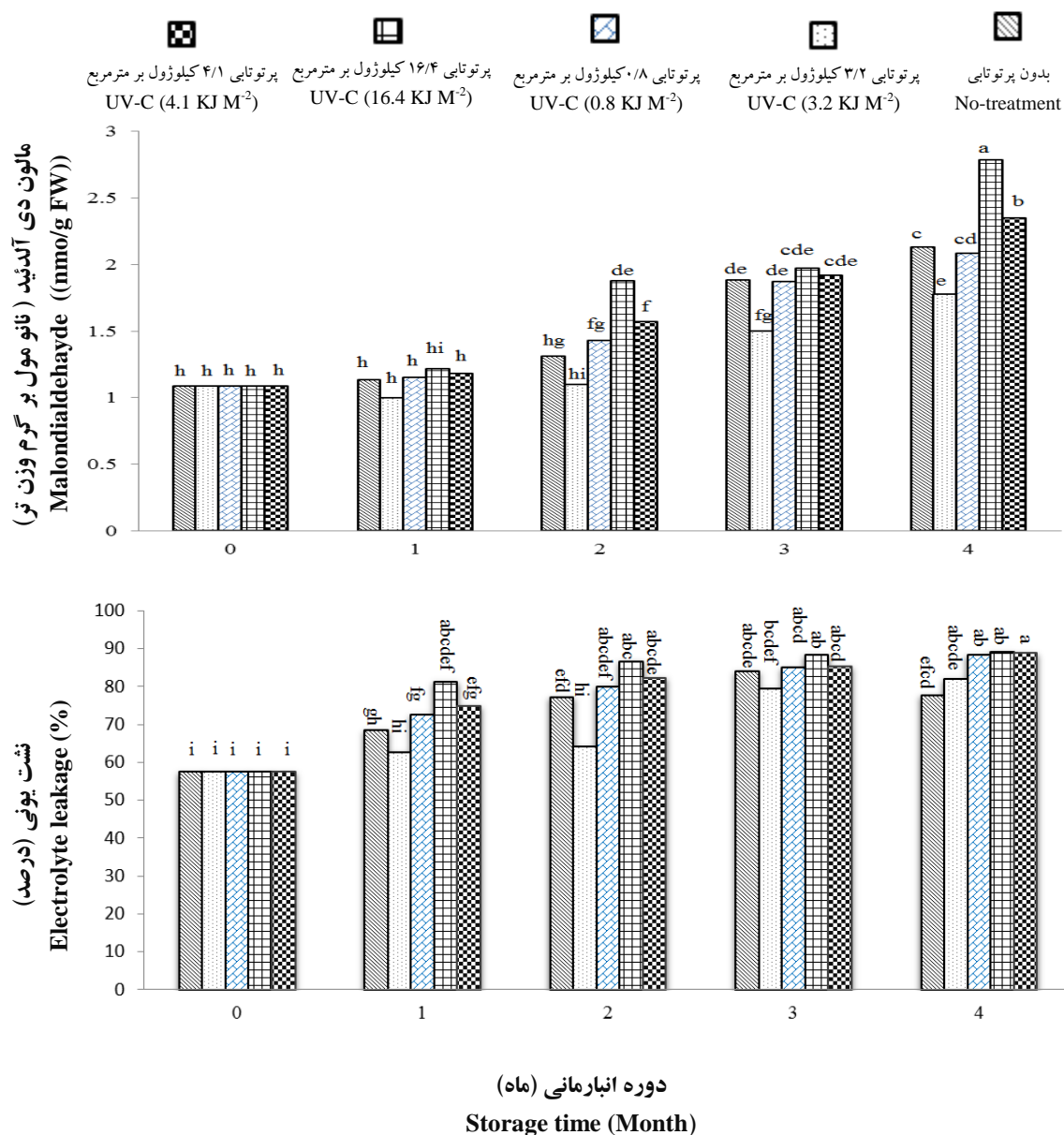
ارتباط مستقیمی بین افزایش تنفس و کاهش اسیدهای قابل تیتر وجود دارد (Lurie and Klein, 1990). با افزایش سن میوه و شروع پدیده پیری، اسیدها از طریق تنفس در چرخه کربس مصرف می‌شوند، در نتیجه نگهداری طولانی مدت میوه‌ها با کاهش میزان اسید قابل تیتراسیون آن‌ها همراه می‌شود (Lee *et al.*, 2003). بنابراین میزان بیشتر اسیدیته قابل تیتر در خرما لوه‌های پرتودهی شده با شدت ۳/۲ کیلوژول بر مترمربع و پرتودهی نشده در مقایسه با سطوح دیگر پرتو، می‌تواند به علت تنفس کمتر و کندتر در آن‌ها باشد (جدول ۳). پی‌اچ نشان‌دهنده غلظت یون H^+ در آب میوه است و طعم اسیدی آب میوه را تعیین می‌کند. معنی دار نبودن اثر پرتو فرابنفش بر پی‌اچ در این مطالعه با نتایج حاصل از بررسی Pala and Toklucu (2011) مطابقت داشت، این در حالی است که اثر پرتو فرابنفش بر پی‌اچ آب میوه‌های سیب در ارقام گلدن دلشیز و رد دلشیز (Hemmati *et al.*, 2007) و هلو (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2004) معنی دار بود.

مالون دی آلدئید داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها اثرهای متقابل نشان داد که بیشترین درصد نشت الکترولیت و مقدار مالون دی آلدئید همواره متعلق به میوه‌های با شدت ۱۶/۴ کیلوژول بر مترمربع پرتودهی بوده که البته در بیشتر دوره‌ها تفاوت آماری معنی‌داری با میوه‌های پرتودهی شده با شدت ۴/۱ کیلوژول بر مترمربع نداشت (جدول‌های ۲، ۳ و شکل ۳).

کاهش‌ها به تنش اکسیداتیو مربوط می‌باشد که باعث آسیب در غشاء شده و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی تغییر پیدا کرده است و همچنین به آسیب‌های ناشی از پرتو فرابنفش C مربوط می‌شود.

نشت یونی و محتوای مالون دی آلدئید

اثر دوره انبارداری، تیمار پرتو فرابنفش C و اثر متقابل آن‌ها اثر معناداری بر میزان نشت یونی و محتوای



شکل ۳- اثر متقابل دوره انبارداری و پرتو فرابنفش C بر نشت یونی و محتوای مالون دی آلدئید میوه خرمالو
 Figure. 3 Interaction effects of storage time and UV-C irradiation on electrolyte leakage and malonaldehyde content of persimmon fruits

انبار کاهش می یابد که منجر به کم شدن گسی در میوه می گردد (Asghari and Aghdam., 2010). نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج به دست آمده توسط (Khademi et al., 2013) که نشان دادند محتوای تانن محلول تحت تأثیر پرتو فرابنفش C قرار نگرفته است مشابه بود.

آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر دوره انباری در سطح یک درصد و اثر پرتو فرابنفش C بر میزان پلی فنل اکسیداز در سطح پنج درصد معنی دار شد. اثر متقابل پرتو فرابنفش C و دوره انبارداری معنی دار نشد (جدول ۱). با افزایش زمان انبارداری، قهوه ای شدن آنزیمی در همه میوه ها افزایش نشان داد (جدول ۲). میوه های پرتو داده شده با شدت ۳/۲ کیلوژول بر مترمربع و میوه های پرتو دهی نشده فعالیت پلی فنل اکسیداز کمتری را نسبت به سایر سطوح پرتو دهی نشان داده اند (جدول ۳).

تنش دماهای پایین فعالیت هایی مانند پلی فنل اکسیداز را القاء می کند که منجر به قهوه ای شدن می گردد که با علائم آسیب سرمای در پوست موز در ارتباط است (Pongprasert et al., 2011). کاربرد دزهای بالا از پرتو فرابنفش C احتمالاً فعالیت پلی فنل اکسیداز را در پوست میوه موز نسبت به دزهای پایین تر آن زودتر افزایش می دهد که در واقع تماس آنزیم-سوبسترا را تسریع بخشیده و در نهایت وقوع قهوه ای شدن در پوست را تسریع می بخشد (Ding and Yap, 2014). نتایج به دست آمده در این پژوهش حاکی از آن است که کاربرد دزهای بالا از پرتو فرابنفش C نسبت به دزهای پایین فعالیت پلی فنل اکسیداز را زودتر افزایش می دهد (شکل ۴).

نتیجه گیری

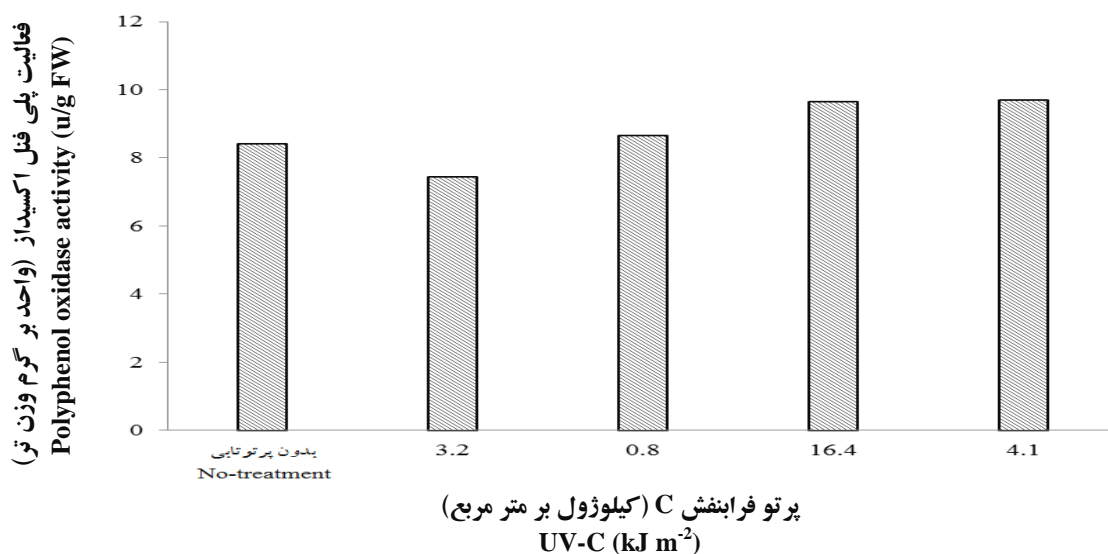
اثر دوره انبارداری بر ویژگی های کمی و کیفی میوه قابل ملاحظه بود و مدت نگهداری در انبار اثر معنی داری بر صفات اندازه گیری شده داشت. اثر پرتو فرابنفش C بر

نشت الکترولیت ها جهت ارزیابی صدمات وارد شده به غشاء سلولی به عنوان فاکتوری برای بررسی میزان خسارت سرمازدگی استفاده می گردد (McCullum and McDonald, 1991). اندازه گیری میزان پراکسیداسیون لیپیدها یکی از معمول ترین و قابل اعتمادترین روش های اندازه گیری صدمات اکسایشی به غشاء است (Shulaev and Oliver, 2006). پرتو فرابنفش C در سطوح پایین القای پاسخ های استرسی مفید در گیاهان را تحریک می کند (Maharaj et al., 2014). افزایش در نشت الکترولیت ها در اثر پرتو تابشی با فرابنفش C ناشی از آسیب به بافت در شاهی باغی گزارش شده و نیز با بالاتر رفتن دزهای تابشی بر روی پیاز خوراکی سبز نشت الکترولیت ها افزایش یافته است (Turtoi, 2013). در پژوهش انجام شده بر دزهای پرتو دهی شده، محتوای مالون دی آلدئید به طور قابل توجهی پایین تر از میوه های شاهد بوده است و نیز محتوای مالون دی آلدئید از میوه موز در طول زمان انبارداری افزایش یافته است (Pongprasert et al., 2011). با توجه به نتایج حاصل می توان گفت که استفاده از دزهای بالا سبب افزایش نشت الکترولیت ها و مقدار مالون دی آلدئید در خرما لوهای تحت پرتو شده است و همچنین باعث آسیب به بافت و پایداری کمتر غشاء شده است.

تانن محلول

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر دوره انباری بر میزان تانن محلول در سطح یک درصد معنی دار شد اما اثر پرتو فرابنفش C و اثر متقابل پرتو فرابنفش C و دوره انباری بر این صفت معنی دار نشد (جدول ۱). میزان تانن محلول که مسئول گسی در خرما لوه است در پایان زمان انبارداری نسبت به آغاز آن کاهش چشمگیر و قابل ملاحظه ای را در همه تیمارها نشان داد و هیچ اختلاف معنی داری بین میوه های با دزهای متفاوت پرتو وجود نداشت (جدول های ۲ و ۳).

میزان تانن محلول طی دوره نگهداری خرما لوه در



شکل ۴- اثر متقابل دوره انبارمانی و پرتو فرابنفش C بر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز میوه خرمالو
Figure 4. The effects of UV-C irradiation on poly phenol oxidase activity of persimmon fruits in storage

پرتو فرابنفش C (۳/۲ کیلوژول بر مترمربع) در این پژوهش، موجب القای پاسخ‌های استرسی مفید گردیده، در از بین بردن گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر (ناشی از دمای پایین) مؤثر بوده و اجزای سلولی را حفظ می‌کند، ولی کاربرد شدت‌های بالا از پرتو فرابنفش C بر بافت میوه آسیب ایجاد می‌کند.

درصد کاهش وزن، شاخص سرمازدگی، نشأت الکترولیت، پراکسیداسیون لیپیدها و فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز طی انبارداری مؤثر بود. همچنین اثر متقابل پرتو فرابنفش C و دوره انبارداری بر کاهش وزن، پراکسیداسیون لیپیدها، نشأت الکترولیت و شاخص سرمازدگی معنی‌دار شد. به‌طور کلی کاربرد سطوح پایین

References

- Artes-Hernandez, F., Escalona, V. H., Robles, P. A., Martinez-Hernandez, G. B. and Artes, F. (2009). Effect of UV-C radiation on quality of minimally processed spinach leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(3), 414-421.
- Asghari, M. and Aghdam, M. S. (2010). Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 502-509.
- 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(1), 159-165.
- Cuvi, M. J. A., Vicente, A. R., Concellon, A. and Chaves, A. R. (2011). Changes in red pepper antioxidants as affected by UV-C treatments and storage at chilling temperature. *Food Science and Technology*, 44(7), 1666-1671.
- Ding, P. and Yap, S. L. (2014). Browning assessment methods and polyphenol oxidase in UV-C irradiated Berangan banana fruit. *International Food Research Journal*, 21(4), 1667-1674.
- Gonzalez-Aguilar, G., Wang, C. Y. and Buta, G.J. (2004). UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(5), 415-422.

- Hemmati, S., Moallemi, N., and Naseri, L. (2007). The effects of UV-C irradiation on quality and storage life of Golden Delicious and Red Delicious apples. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 38(3), 519-527. [In Farsi]
- Hosseini Sarghin, S., Caraptiyan, J. and Khara, J. (2012). Effects of UV-Radiation on some physiological parameters in *Capsicum longum* L. *Plant Productions*, 34(3), 27-40. [In Farsi]
- Khademi, O., Zamani, Z., Poor-Ahmadi, E. and Kalantari, S. (2013). Effect of UV-C radiation on postharvest physiology of persimmon fruit (*Diospyros kaki Thunb.*) cv. 'Karaj' during storage at cold temperature. *International Food Research Journal*, 20(1), 247-253.
- Kulkarni, A. and Aradhya, S. M. (2005). Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food Chemistry*, 93(2), 319-324.
- Lee, J. C., Kim, J., Park, J. K., Chung, G. H. and Jang, Y. S. (2003). The antioxidant, rather than prooxidant, activities of quercetin on normal cells: Quercetin protects mouse thymocytes from glucose oxidase-mediated apoptosis. *Experimental Cell Research*, 291(2), 386-397.
- Lemoine, M. L., Civello, P. M., Martinez, G. A. and Chaves, A. R. (2007). Influence of postharvest UV-C treatment on refrigerated storage of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* var. Italica). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(6), 1132-1139.
- Lurie, S. and Crisosto, C. H. (2005). Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology*, 37(3), 195-208.
- Lurie, S. and Klein, J. D. (1990). Heat treatment of ripening apples: Differential effects on physiology and biochemistry. *Plant Physiology*, 78(2), 181-186.
- Mahanil, S., Attajarusit, J., Stout, M. J. and Thipyapong, P. (2008). Overexpression of tomato polyphenol oxidase increases resistance to common cutworm. *Plant Science*, 174(4), 456-466.
- 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.
- McCollum, T. G. and McDonald, R.E. 1991. Electrolyte leakage, respiration and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. *HortScience: A publication of the American Society for Horticultural Science*, 26(9), 1191-1192.
- Mortazavi, S., Dehghan, A., Rahemi, M. and Moalemi, N. (2015). Effects of intermittent warming on chilling index and some quality properties of "Kinnow" mandarin in cold storage. *Plant Productions*, 38(3), 1-11. [In Farsi]
- Ozdemir, A. E., Candır, E. E., Toplu, C., Kaplankıran, M., Yıldız, E. and Inan, C. (2009). The effects of hot water treatments on chilling injury and cold storage of fuyu persimmons. *African Journal of Agricultural Research*, 4(10), 1058-1063.
- Pala, C. U. and Toklucu, A. K. (2011). Effect of UV-C light on anthocyanin content and other quality parameters of pomegranate juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(6), 790-795.
- Perkins-Veazie, P., Collins, J. K. and Howard, L. (2008). Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology*, 47(3), 280-285.
- Pongprasert, N., Yoshihiko, S., Sumiko, S. and Hiroshi, G. (2011). A novel postharvest UV-C treatment to reduce chilling injury (membrane damage, browning and chlorophyll degradation) in banana peel. *Scientia Horticulturae*, 130(1), 73-77.
- Purvis, A. C. (2002). Diphenylamine reduces chilling injury of green bell pepper fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 25(1), 41-48.

- Ramin, A. A. and Tabatabaie, F. (2003). Effect of various maturity stages at harvest on storability of persimmon fruits (*Diospyros kaki* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 5, 113-123.
- Shulaev, V. and Oliver, D. J. (2006). Metabolic and proteomic markers for oxidative stress. New tools for reactive oxygen species research. *Plant Physiology*, 141(2), 367-372.
- Stewart, R. R. and Bewley, J. D. (1980). Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology*, 65(2), 245-248.
- Taira, S., Ono, M. and Matsumoto, N. (1997). Reduction of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannins. *Postharvest Biology and Technology*, 12(3), 265-271.
- Turtoi, M. (2013). Ultraviolet light treatment of fresh fruits and vegetables surface: A review. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(3), 325-337.
- 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.
- Wills, R. H., Lee, T. H., Graham, D., McGlasson, W. B. and Hall, E. G. (1989). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables* (3rd ed.). Boston: Blackwell Scientific.
- Wise, R. R. and Naylor, A. W. (1987). Chilling-enhanced photooxidation the peroxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrastructure. *Plant Physiology*, 83(2), 272-277.
- Woolf, A. B., Ball, S., Spooner, K. J., Lay-Yee, M., Ferguson, I. B., Watkins, C. B., Gunson, A. and Forbes, S. K. (1997). Reduction of chilling injury in the sweet persimmon 'Fuyu' during storage by dry air heat treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 11(3), 155-164.



© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)