

اثر تابش فرابنفش C در مقایسه با پاستوریزاسیون بر ویژگی‌های کیفی و میکروبی آب انگور قرمز

مرضیه طاهری^۱، محمد گلی^۲، شریفه شاهی^{۳*}

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
۲. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
۳. مرکز تحقیقات لیزر و بیوفوتونیک در فناوریهای زیستی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان، ایران.

*نویسنده مسئول: shahilaser@khuisf.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۹

چکیده

هدف از این مطالعه تأثیر اشعه فرابنفش C در مقایسه با روش معمول پاستوریزاسیون بر تغییرات کدورت، محتوی فنول کل آب انگور قرمز بلافاصله پس از فرآوری و برخی ویژگی‌های شیمیایی (pH، اسیدیته، اسید آسکوربیک، آنتوسیانین‌ها، ظرفیت آنتی اکسیدانی و رنگ) و میکروبی (کپک و مخمر) طی بازه زمانی ۱۲۰ روز نگهداری در دمای اتاق بود. یازده تیمار شامل تیمارهای فرابنفش C در زمان‌های ۲، ۶ و ۱۰ دقیقه و دوزهای ۸، ۱۵ و ۳۰ وات به همراه نمونه آب انگور شاهد و پاستوریزه شده مورد استفاده قرار گرفتند. با گذشت زمان ذخیره‌سازی، مقادیر بریکس کاهش یافت و نمونه‌های اشعه داده شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۲ و ۶ دقیقه کمترین میزان بریکس را نشان دادند. اشعه‌دهی بمدت ۱۰ دقیقه در مقایسه با زمان‌های اشعه‌دهی کمتر باعث کاهش اسیدیته و افزایش pH آب انگور گردید. آب انگورهای اشعه‌دهی شده در مقایسه با نمونه‌های پاستوریزه‌شده از محتوی اسید آسکوربیک، آنتوسیانین، فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری برخوردار بودند. نمونه‌های اشعه داده شده درصد بالاتری از فعالیت آنتی اکسیدانی را در پایان دوره نگهداری در مقایسه با سایر تیمارها از خود نشان دادند. اشعه فرابنفش C در مقایسه با پاستوریزاسیون توانست به‌طور مؤثری از تغییرات کدورت و رنگ آب انگور قرمز جلوگیری کند. تیمار با دوز ۳۰ وات به مدت ۶ و ۱۰ دقیقه از نظر ویژگی‌های کیفی و میکروبی نسبت به سایر تیمارها ترجیح داده شد. در مجموع اشعه فرابنفش C به‌عنوان جایگزین مناسبی برای پاستوریزاسیون جهت حفظ بهتر ویژگی‌های کیفی و میکروبی آب انگور قرمز معرفی می‌گردد.

کلید واژه‌ها: آب انگور قرمز، اشعه فرابنفش C، فنول کل، آنتوسیانین، غیرفعال‌سازی میکروبی.

مقدمه

گازدار می‌باشد، تقاضا جهت مصرف آب میوه‌های طبیعی افزایش یافته است، به‌طوری که به منظور برآورده کردن تقاضای مردم، فرآوری میوه‌ها به‌صورت صنعتی رونق پیدا کرده است (Carbonell-Capella, et al., 2017). صنعت آب‌میوه در هر کشوری از صنایع اساسی آن کشور در زمینه صنایع غذایی به شمار می‌رود و در کشور ما نیز این صنعت توسعه یافته است. آب‌میوه‌ها از نظر مصرف-

میوه‌ها و سبزی‌ها به دلیل دارا بودن ریزمغذی‌های مهمی نظیر ویتامین‌ها و مواد معدنی، نقش مهمی در متعادل ساختن رژیم غذایی انسان و کاهش خطر ابتلا به بیماری‌هایی از قبیل سرطان، بیماری‌های قلبی عروقی و دیابت ایفا می‌کنند. با توجه به این که آب‌میوه‌های طبیعی یکی از بهترین جایگزین‌ها برای نوشابه‌های گازدار رایج بوده و از نظر بهداشتی و ارزش غذایی نیز مفیدتر از نوشابه‌های

می‌شود (Fratiani, et al., 2010; Igual, et al., 2011).

اشعه فرابنفش می‌تواند به عنوان یک فرآیند غیرحرارتی مؤثر و جایگزین در فرآورده‌های حساس به حرارت مانند فرآورده‌های تخم‌مرغ مایع، آبمیوه‌جات و آب‌سبزیجات به‌کار رود. ویژگی‌های حسی آبمیوه‌ها مانند رنگ و طعم پس از تیمار با پرتو ماوراء بنفش در آب سیب، آب پرتقال، آب آناناس، آب انبه، آب هندوانه، آب انار، آب هلو، آب لیمو و آب انگور و همچنین مخلوط آب سیب و هویج مورد مطالعه قرار گرفته است. در اکثر مطالعات انجام شده، تغییر رنگ ناچیز در آبمیوه‌ها گزارش شده و نتایج به‌دست آمده نشان داده است که فرآیند فرابنفش، ویژگی‌های کیفی و رنگ آبمیوه‌های تازه را بسیار بیشتر از فرآیند حرارتی حفظ کرده است (Donahue, et al., 2004; Unluturk, et al., 2014).

از آنجا که دمای بالا جهت فرآوری و نگهداری طولانی مدت آب انگور اغلب تغییرات فیزیکی و شیمیایی را به همراه دارد و بر ویژگی‌های حسی آن اثر منفی می‌گذارد، در این پژوهش اثرات فرآوری با اشعه فرابنفش C روی خواص کیفی و میکروبی آب انگور قرمز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه آب انگور قرمز

انگور در ابتدای بهار ۱۴۰۰ از بازار میوه اصفهان خریداری گردید. میوه‌های تازه پس از شست و شو و خشک شدن وارد فرآیند آگیری شدند. دانه‌ها از خوشه جدا و آگیری شدند. آب میوه حاصل با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه جهت جداسازی فاز جامد از مایع سانتریفوژ گردیدند. آب میوه شفاف از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ عبور داده شد و ناخالصی‌ها به طور کامل جدا گردید. سپس آب میوه حاصل تحت تیمارهای مورد نظر قرار گرفت. آب میوه فرآوری نشده (بدون حرارت و اشعه فرابنفش) به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد.

تیمار پاستوریزاسیون LTLT

کنندگان فرآورده‌هایی سالم هستند، و به همین دلیل در سال‌های اخیر تبدیل به فرآورده‌هایی بسیار محبوب شده‌اند و تجارت آن‌ها نیز رو به افزایش است. تولید آبمیوه‌ها بر مبنای نگهداری فرآورده، تنوع بخشی و ایجاد بازارهای مصرف بیشتر مورد توجه صنعت غذا قرار دارد. انگور با نام علمی *Vitis vinifera* L. درختی است از خانواده Vitaceas که میزان بالایی از سطح زیر کشت میوه‌های تولیدی در جهان را به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۹۱ بیش از ۳۷۰ هزار تن انگور از باغات دیم و آبی کشور برداشت شده است. ارزش تغذیه‌ای این محصول از لحاظ غنی بودن ترکیبات پلی فنلی، آنتی اکسیدان‌هایی نظیر ویتامین‌ها، فلاونوئیدها و فنول‌ها باعث توسعه تولید این محصول در جهان گردیده است. براساس آخرین آمار میزان تولید انگور در کشور ما ۲۱۵۰۰۰۰ تن است که با دارا بودن رتبه نهم حدود ۳/۲ درصد تولید جهانی را شامل می‌شود. حرارت در مقایسه با سایر روش‌های حفظ و نگهداری مواد غذایی از مزیت مهم تأمین ایمنی و سلامت مواد غذایی و حفظ طولانی مدت در نتیجه تأثیر مخرب روی آنزیم‌ها و میکروارگانیسم‌ها برخوردار است. با این وجود حرارت می‌تواند موجب کاهش چشمگیر در ترکیبات زیست فعال شود. فرآیند معمول حرارتی (پاستوریزاسیون) آبمیوه‌ها عمر ماندگاری آبمیوه‌جات را افزایش می‌دهد اما باعث از بین رفتن برخی ترکیبات مغذی نظیر فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها و همچنین از دست رفتن طعم و مزه و بروز واکنش‌های قهوه‌ای شدن ناشی از حرارت می‌شود. به منظور کاهش اثرات منفی پاستوریزاسیون در صنعت آبمیوه، سایر روش‌های غیر فعال سازی میکروارگانیسم‌ها به کار گرفته می‌شود. یکی از روش‌های جایگزین، پرتودهی با اشعه فرابنفش C است. این روش به عنوان یک تکنولوژی بالقوه برای برآورد نمودن الزامات FDA در کاهش میکروارگانیسم‌های مربوط به آبمیوه شناسایی شده است. تکنولوژی اشعه‌دهی موجب حفظ آنتی اکسیدان‌ها، آنتوسیانین‌ها و محتوی فنولی در آب میوه‌ها

کلروایندوفنل تا ظهور رنگ صورتی روشن طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۰۹ تعیین گردید.

اندازه‌گیری آنتوسیانین‌ها

محتوی آنتوسیانین کل نمونه‌های آب انگور قرمز با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد. در این آزمون از دو بافر پتاسیم کلرید با $\text{pH}=1$ و بافر سدیم استات با $\text{pH}=4/5$ استفاده شد. مقدار $0/1$ میلی‌لیتر از آب میوه‌ها به یک بالن آزمایشگاهی 10 میلی‌لیتری انتقال داده شد و با محلول بافر به حجم رسید. جذب محلول‌ها در طول موج‌های 510 و 700 نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد. محتوی آنتوسیانین نمونه‌ها بر اساس رابطه زیر و بر حسب سیانیدین-۳- گلوکوزید اندازه‌گیری شد (Henrique, et al., 2016).

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$

$$A \times \text{MW} \times \text{DF} \times \frac{1000}{\epsilon}$$

در رابطه فوق MW وزن مولکولی سیانیدین-۳- گلوکوزید ($449/2$)، DF فاکتور رقت و ϵ ضریب خاموشی مولی سیانیدین-۳- گلوکوزید (26900) است.

محتوی فنول کل

محتوی فنولی آب انگور قرمز مطابق با روش فولین سیو کالیتو انجام شد. میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج 765 نانومتر به دست آمد. محتوی فنول کل از روی منحنی استاندارد با غلظت‌های مختلف اسید گالیک بر حسب میلی‌گرم در لیتر بیان گردید (Henrique, et al., 2016).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب انگور قرمز بر اساس مهار رادیکال‌های ۲ و ۲ دی فنیل ۱ پیکریل هیدرازیل (DPPH) با روش اسپکتروفتومتری انجام شد. برای این منظور یک محلول 700 میکرولیتری از آب میوه با 100 میکرولیتر از محلول متانولی DPPH مخلوط و پس از 30 دقیقه نگهداری مخلوط در تاریکی، میزان جذب نمونه‌ها در طول موج 517 نانومتر خوانده شد. فعالیت بازدارندگی

برای بررسی تأثیر پاستوریزاسیون، سه نمونه در دمای 90 درجه سلسیوس به مدت 30 ثانیه پاستوریزه شدند. نمونه‌های پاستوریزه شده تا زمان انجام آزمایشات درون ظروف شیشه‌ای در دمای اتاق تحت شرایط روشنایی نگهداری شدند (Rupasinghe and Yu, 2012).

فرآوری آب انگور قرمز با اشعه فرابنفش C

اشعه‌دهی فرابنفش C با استفاده از لامپ مخصوص با طول موج 254 نانومتر که در فاصله 20 سانتی‌متری از ظروف پلاستیکی درب باز حاوی آب انگور نصب شده بود، انجام شد. یازده تیمار استفاده در این تحقیق مطابق با جدول ۱ در نظر گرفته شد (Henrique, et al., 2016).

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب انگور قرمز

آزمون بریکس

مواد جامد قابل حل با استفاده از رفاکتومتر دیجیتال در دمای 20 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های آب انگور قرمز روی منشور رفاکتومتر قرار داده شدند و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج بر حسب درجه بریکس گزارش شدند (Henrique, et al., 2016).

اندازه‌گیری pH و اسیدیته

اندازه‌گیری pH آب میوه‌ها با استفاده از pH متر دیجیتال انجام شد. اسیدیته به روش تیتراسیون با سود $0/1$ نرمال بر حسب اسید تارتاریک اندازه‌گیری گردید (Henrique, et al., 2016).

تعیین کدورت

کدورت نمونه‌های آب انگور قرمز با کدورت سنج اندازه‌گیری و نتیجه به صورت واحد کدورت نفلومتریک (NTU) بیان شد (Yang, et al., 2019).

اندازه‌گیری اسید آسکوربیک

اندازه‌گیری اسید آسکوربیک آب انگور قرمز بر اساس استخراج اسید آسکوربیک نمونه با استفاده از محلول اسید اگزالیک و یا محلول اسید متافسفریک همراه با اسید استیک و عیارسنجی با ماده رنگی ۶ و ۲- دی

از آنجایی که در آب انگور بیشترین فساد میکروبی، توسط کپک و مخمر صورت می‌گیرد و با توجه به PH پایین این محصول فعالیت پاتوژن‌هایی مانند کلیفرم‌ها بندرت رخ می‌دهد، در این تحقیق فقط به شمارش کپک و مخمر پرداخته شد. شمارش کپک و مخمر پس از اسیدی شدن محیط با اسیدتارتاریک ۱۰ درصد به pH ۳/۵ با استفاده از محیط کشت PDA (Potato Dextrose Agar) و گرمخانه‌گذاری در ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۵ روز انجام شد. نتایج به صورت log CFU/ml بیان شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش نمونه‌های آب انگور قرمز تحت تیمارهای فرابنفش C در زمان‌های ۰، ۲، ۶ و ۱۰ دقیقه و دوزهای ۰، ۸، ۱۵ و ۳۰ وات قرار گرفتند و در بازه زمانی ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ روز ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی آنها بررسی شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS در سه تکرار انجام شد. مقایسه میانگین با آزمون ANOVA به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار اکسل (۲۰۱۶) استفاده گردید.

رادیکال طبق فرمول زیر محاسبه شد (Henrique, et al., 2016):

$$= (A_{\text{control}} - A_{\text{sample}} / A_{\text{control}}) \times 100$$

A_{control} : میزان جذب کنترل (محلول متانولی DPPH)

A_{sample} : میزان جذب نمونه پس از ۳۰ دقیقه

ارزیابی رنگ

اندازه‌گیری رنگ از طریق تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* توسط دستگاه رنگ‌سنج صورت گرفت. شاخص L معرف میزان روشنایی نمونه و دامنه آن از ۰ (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) است. شاخص a میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر می‌باشد. شاخص b میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می‌باشد (Henrique, et al., 2016).

کیفیت میکروبی

جدول ۱- تیمارهای مورد استفاده

ردیف	تیمار	زمان اشعه‌دهی (دقیقه)	دوز اشعه (وات)
۰	۰	شاهد	۱
-	-	LTLT	۲
۸	۲	UV2-C1	۳
۱۵	۲	UV2-C2	۴
۳۰	۲	UV2-C3	۵
۸	۶	UV6-C1	۶
۱۵	۶	UV6-C2	۷
۳۰	۶	UV6-C3	۸
۸	۱۰	UV10-C1	۹
۱۵	۱۰	UV10-C2	۱۰
۳۰	۱۰	UV10-C3	۱۱

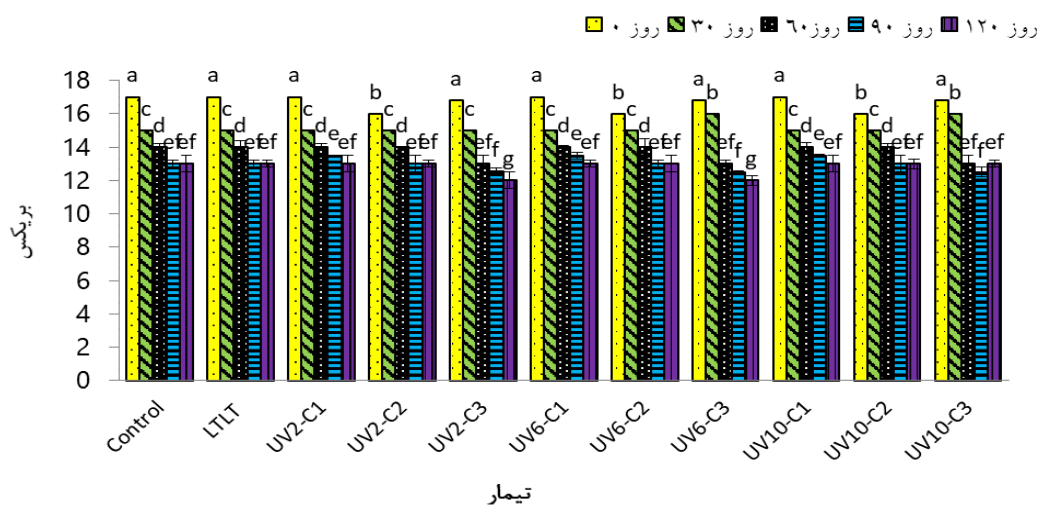
LTLT: پاستوریزه شده، UV₂-C₁: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C₂: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C₃: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV₆-C₁: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C₂: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C₃: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV₁₀-C₁: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C₂: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C₃: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه

نتایج

گذشت زمان ذخیره‌سازی، مقادیر بریکس کاهش یافت. در روز صفر، با افزایش دوز اشعه از ۸ تا ۱۵ وات بریکس کاهش و پس از آن تا ۳۰ وات افزایش پیدا کرد. در آخرین روز نگهداری، با افزایش دوز اشعه‌دهی تا ۳۰ وات میزان بریکس نمونه‌ها به‌طور معنی داری کاهش یافت ($p < 0.05$). نمونه‌های اشعه‌دهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۲ و ۶ دقیقه کمترین میزان بریکس را نشان دادند.

مواد جامد محلول (بریکس)

شکل ۱ مقادیر مواد جامد محلول آب میوه‌ها را در طول زمان ذخیره‌سازی نشان می‌دهد. تفاوت معنی‌داری بین نمونه شاهد و تیمار شده با اشعه در کل دوره نگهداری مشاهده نگردید ($p > 0.05$)، اما در مقایسه با نمونه‌های اشعه‌دهی شده، این تفاوت معنی دار بود ($p < 0.05$).



شکل ۱- تغییرات بریکس نمونه‌های آب انگور قرمز طی دوره نگهداری

Control): شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV₂-C₁: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C₂: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C₃: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV₆-C₁: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C₂: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C₃: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV₁₀-C₁: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C₂: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C₃: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ($p < 0.05$).

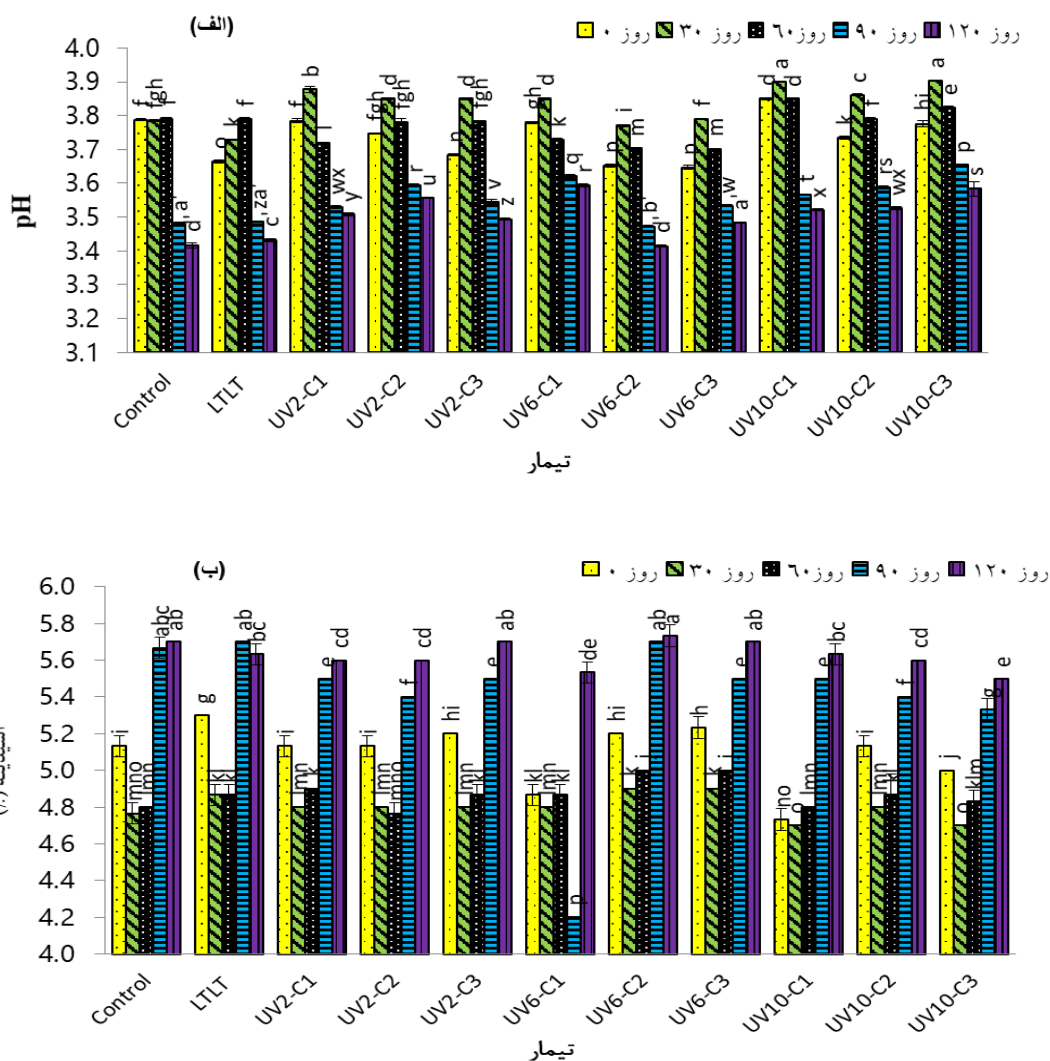
pH و اسیدیته

۹۰ نگهداری، در سایر روزها بالاترین اسیدیته را در بین نمونه‌ها نشان داد ($p < 0.05$). اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه‌ها در طول ذخیره‌سازی افزایش یافت. در پایان دوره نگهداری بالاترین اسیدیته مربوط به نمونه شاهد و نمونه‌های اشعه‌دهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۲ و ۶ دقیقه و همچنین نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۱۵ وات به مدت ۶ دقیقه بود.

شکل ۲-الف مقادیر pH را در طول زمان ذخیره‌سازی نشان می‌دهد. اشعه‌دهی به مدت ۱۰ دقیقه باعث افزایش چشمگیر pH شد. تا روز ۳۰ ذخیره‌سازی، مقادیر pH افزایش یافت و پس از آن تا ۱۲۰ روز ذخیره‌سازی یک روند کاهشی داشت. آب میوه‌های پرتودهی شده به مدت ۲ و ۶ دقیقه دارای اسیدیته بالاتری در طول دوره ذخیره‌سازی بودند. نمونه پاستوریزه شده به جز روزهای ۶۰ و

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، کدورت نمونه‌های آب میوه پاستوریزه شده به میزان قابل توجهی بیشتر از نمونه شاهد و نمونه‌های اشعه‌دهی شده است ($p < 0.05$). تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های اشعه‌دهی شده با دوز و زمان‌های مختلف از نظر کدورت مشاهده نگردید ($p > 0.05$).

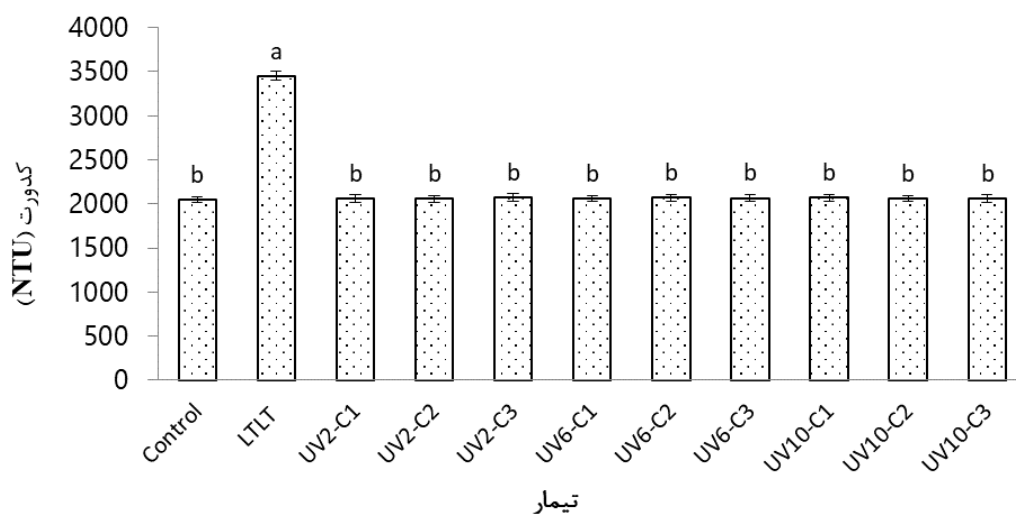
همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، کدورت نمونه‌های آب میوه پاستوریزه شده به میزان قابل توجهی بیشتر از نمونه شاهد و نمونه‌های اشعه‌دهی شده است ($p < 0.05$). تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های اشعه‌دهی شده با دوز و زمان‌های مختلف از نظر کدورت مشاهده نگردید ($p > 0.05$).



شکل ۲- تغییرات pH (الف) و اسیدیته (ب) نمونه‌های آب انگور قرمز طی دوره نگهداری

Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV2-C1: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV2-C2: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV2-C3: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV6-C1: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV6-C2: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV6-C3: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV10-C1: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV10-C2: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV10-C3: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ($p < 0.05$).



شکل ۳- تغییرات کدورت نمونه‌های آب انگور قرمز

Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV₂-C₁: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C₂: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C₃: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV₆-C₁: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C₂: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C₃: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV₁₀-C₁: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C₂: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C₃: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه

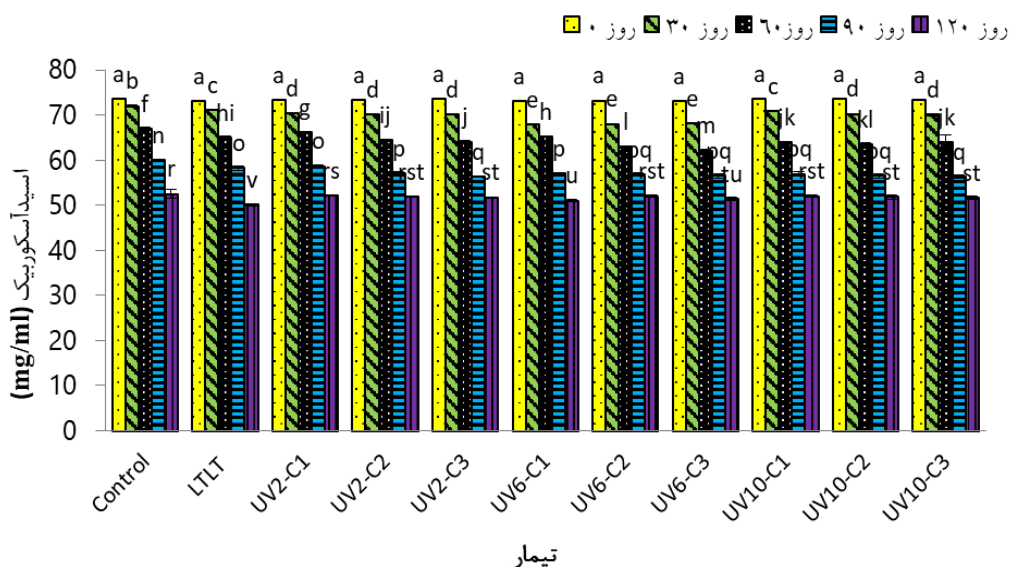
میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ($p < 0/05$).

اسید آسکوربیک
محتوی اسید آسکوربیک آب میوه‌ها در طول ۱۲۰ روز ذخیره‌سازی در شکل ۴ نشان داده شده است. در روز نخست، تفاوت معنی‌داری میان تیمارها از نظر اسید آسکوربیک وجود نداشت ($p > 0/05$). در پایان دوره نگهداری (روز ۱۲۰)، فرایند اشعه‌دهی در مقایسه با پاستوریزاسیون موجب حفظ بهتر اسید آسکوربیک آب انگور قرمز شد ($p < 0/05$), درحالی‌که در روزهای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ نگهداری نمونه پاستوریزه شده از میزان اسید آسکوربیک بالاتری برخوردار بود ($p < 0/05$). نتایج به‌دست آمده بیانگر آن بود که استفاده از دوز پایین‌تر اشعه و به مدت کوتاه‌تر تأثیر بیشتری در حفظ بیشتر اسید

آسکوربیک آب انگور قرمز داشت. با گذشت زمان نگهداری میزان اسید آسکوربیک در تمام تیمارها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < 0/05$). کمترین محتوی اسید آسکوربیک مربوط به نمونه پاستوریزه شده در پایان دوره نگهداری بود.

آنتوسیانین‌ها

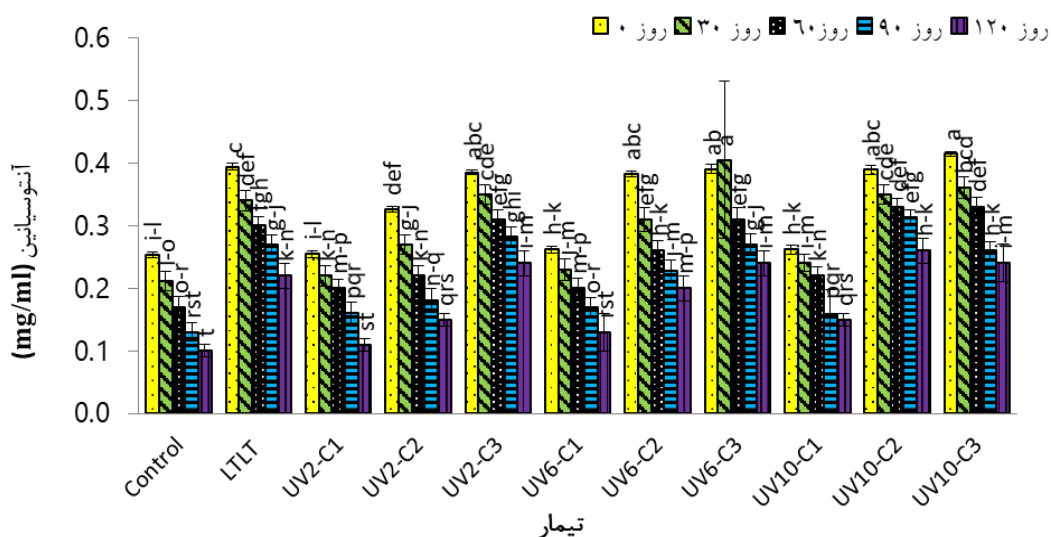
محتوی آنتوسیانین تمامی نمونه‌ها در طول دوره ذخیره سازی کاهش یافت ($p < 0/05$). افزایش دوز و زمان اشعه-دهی تأثیر مثبتی بر حفظ آنتوسیانین آب انگور قرمز داشت ($p < 0/05$). بیشترین میزان آنتوسیانین در روز نخست در آب انگور پرتودهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۴- تغییرات اسید آسکوربیک نمونه‌های آب انگور قرمز طی دوره نگهداری

Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV₂-C₁: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C₂: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C₃: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV₆-C₁: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C₂: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C₃: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV₁₀-C₁: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C₂: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C₃: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ($p < 0/05$).



شکل ۵- تغییرات آنتوسیانین‌های نمونه‌های آب انگور قرمز طی دوره نگهداری

Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV₂-C₁: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C₂: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C₃: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV₆-C₁: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C₂: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C₃: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV₁₀-C₁: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C₂: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C₃: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه

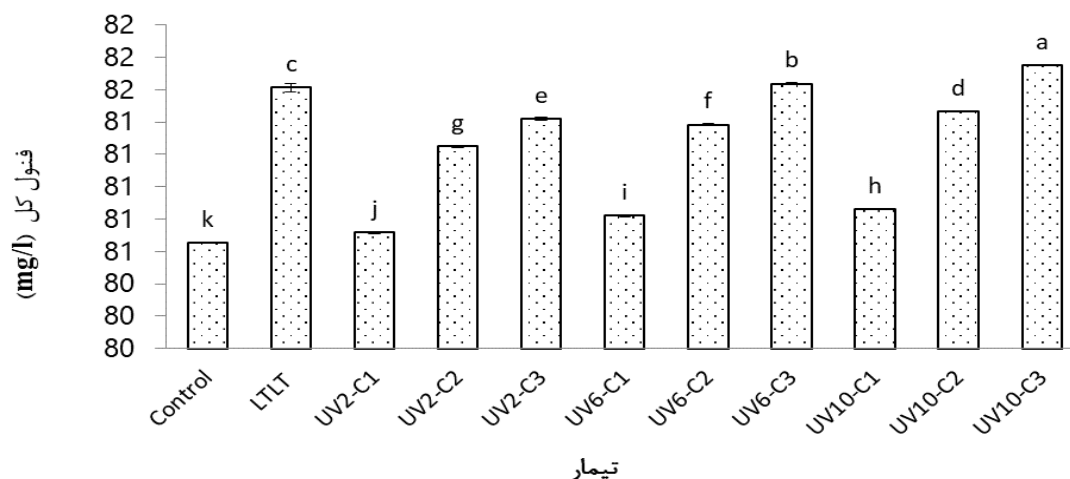
میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ($p < 0/05$).

محتوی فنولی کل

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می شود افزایش همزمان دوز و زمان اشعه دهی تأثیر مثبتی بر افزایش محتوی فنول کل نمونه ها داشت ($p < 0/05$). محتوی فنول کل نمونه های پرتو دهی شده در مقایسه با نمونه شاهد افزایش چشمگیری داشت ($p < 0/05$). تنها نمونه های پرتو دهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۶ و ۱۰ دقیقه از محتوی فنول کل بالاتری نسبت به نمونه پاستوریزه شده برخوردار بودند ($p < 0/05$). کمترین میزان فنول کل در نمونه شاهد و بیشترین آن در نمونه اشعه دهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه به دست آمد.

فعالیت آنتی اکسیدانی

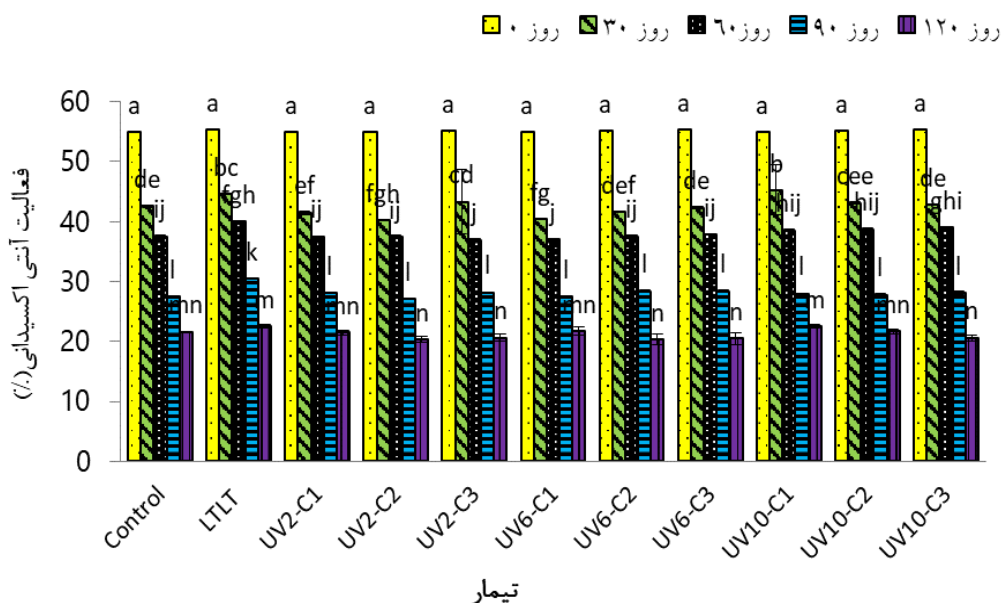
نتایج این تحقیق نشان داد که در انتهای دوره ذخیره سازی فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های اشعه دهی شده نسبت به نمونه پاستوریزه شده بیشتر ارزیابی شد ($p < 0/05$). در ابتدا (روز صفر) و انتهای دوره نگهداری (روزهای ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰) تفاوت معنی داری میان نمونه های اشعه دهی شده مشاهده نشد ($p > 0/05$), و این امر نشان دهنده آن است که دوز و زمان اشعه دهی تأثیر چندانی بر فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های پرتو دهی نداشت. فعالیت آنتی اکسیدانی تیمارها در طول ذخیره سازی روند کاهشی را نشان داد ($p < 0/05$), (شکل ۷).



شکل ۶- تغییرات فنولیک کل نمونه های آب انگور قرمز

Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV2-C1: ۸ وات - ۲ دقیقه، UV2-C2: ۱۵ وات - ۲ دقیقه، UV2-C3: ۳۰ وات - ۲ دقیقه، UV6-C1: ۸ وات - ۶ دقیقه، UV6-C2: ۱۵ وات - ۶ دقیقه، UV6-C3: ۳۰ وات - ۶ دقیقه، UV10-C1: ۸ وات - ۱۰ دقیقه، UV10-C2: ۱۵ وات - ۱۰ دقیقه، UV10-C3: ۳۰ وات - ۱۰ دقیقه

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ($p < 0/05$).



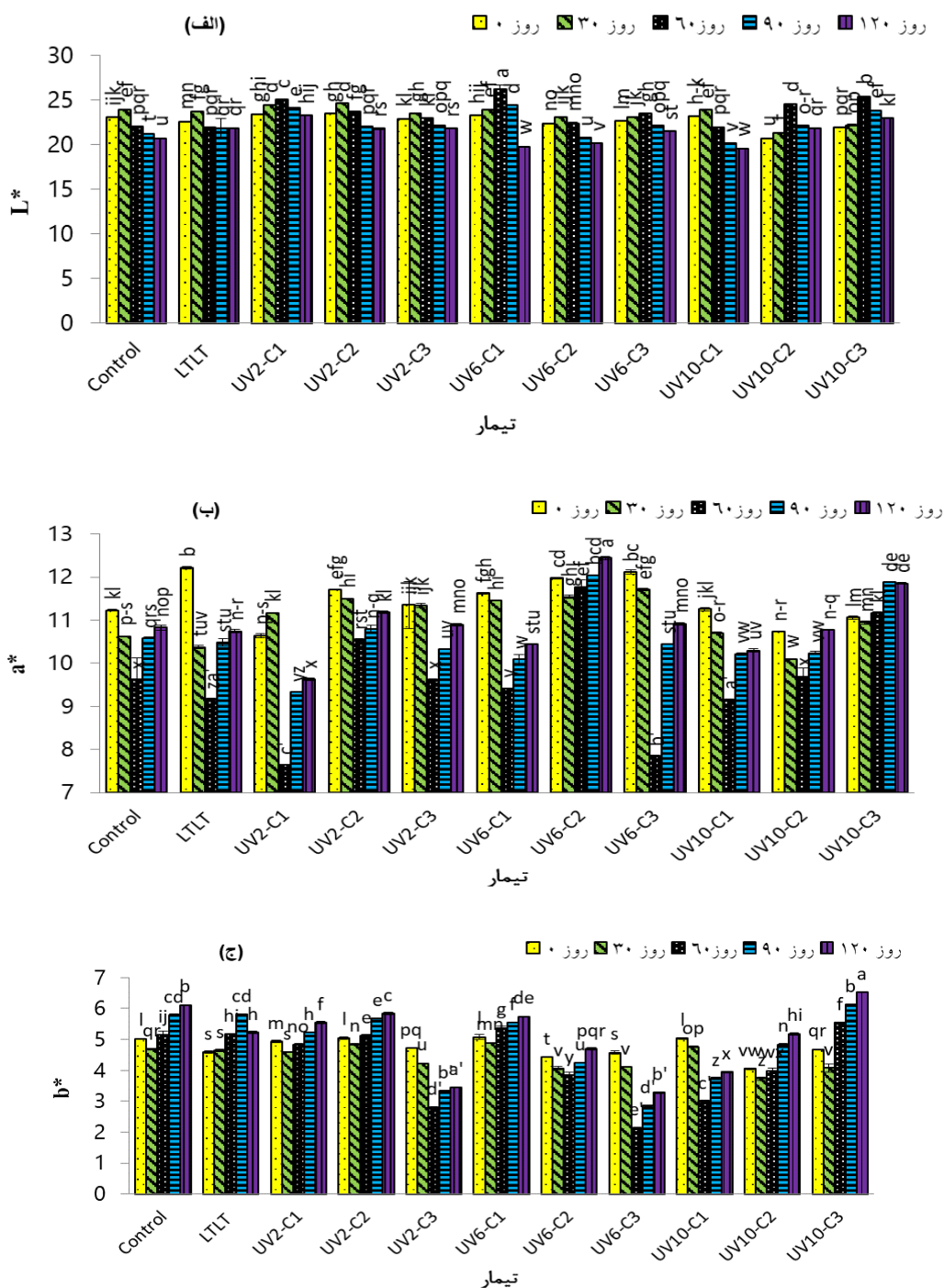
شکل ۷- تغییرات فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های آب انگور قرمز طی دوره نگهداری

Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV2-C1: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV2-C2: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV2-C3: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV6-C1: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV6-C2: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV6-C3: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV10-C1: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV10-C2: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV10-C3: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ($p < 0/05$).

با دوز ۸ وات به مدت ۶ و ۱۰ دقیقه کمترین شاخص روشنایی را دارا بودند ($p < 0/05$). در روز نخست، بیشترین مقداری قرمزی را نمونه پاستوریزه شده نشان داد ولی در آخرین روز نگهداری بالاترین قرمزی در آب انگور اشعه-دهی شده با دوز ۱۵ وات به مدت ۶ دقیقه مشاهده شد ($p < 0/05$)، (شکل‌های ۸- الف و ب). در روز نخست بالاترین مقدار b^* در نمونه شاهد، و در پایان دوره نگهداری بالاترین مقدار b^* در آب انگور اشعه‌دهی شده با دوز ۱۵ وات به مدت ۱۰ دقیقه مشاهده شد (شکل ۸- ج). استفاده از فرایند اشعه‌دهی با فرابنفش C تأثیر مثبتی بر افزایش قرمزی (a^*) و کاهش زردی (b^*) آب انگور قرمز در مقایسه با تیمار حرارتی پاستوریزاسیون داشت.

رنگ طبق نتایج به دست آمده مقادیر L^* تا روز ۶۰ نگهداری افزایش و پس از آن تا انتهای دوره نگهداری کاهش یافت ($p < 0/05$). نمونه پاستوریزه شده تا روز ۶۰ میزان روشنایی کمتری در مقایسه با نمونه شاهد داشت ولی در پایان دوره نگهداری میزان روشنایی آن افزایش یافت ($p < 0/05$). آب میوه پرتودهی شده به مدت ۲ دقیقه کمتر تیره شدند، این امر بدان معناست که شاخص روشنایی (L^*) این نمونه در مقایسه با سایر نمونه‌های پرتودهی شده بیشتر بود. بالاترین مقدار روشنایی و قرمزی را آب انگور اشعه‌دهی شده با دوز ۸ وات به مدت ۶ دقیقه در روز ۶۰ نگهداری به خود اختصاص داده بود ($p < 0/05$). در پایان ۱۲۰ روز ذخیره سازی، نمونه‌های اشعه‌دهی شده



شکل ۸- تغییرات پارامترهای رنگی L^* (الف)، a^* (ب) و b^* (ج) نمونه‌های آب انگور قرمز طی دوره نگهداری (Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV2-C1: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV2-C2: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV2-C3: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV6-C1: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV6-C2: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV6-C3: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV10-C1: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV10-C2: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV10-C3: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه)

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ($p < 0/05$).

نمونه پاستوریزه شده آلودگی کمتری نسبت به نمونه شاهد داشت. در پایان دوره نگهداری، کمترین آلودگی در نمونه پرتودهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه مشاهده شد. نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که افزایش همزمان دوز و زمان اشعه‌دهی باعث کاهش بیشتر رشد کپک و مخمرها گردید.

غیرفعال‌سازی میکروبی همانطور که در جدول ۲ مشخص است رشد کپک و مخمرها از روز ۳۰ تا پایان دوره نگهداری به صورت معنی داری افزایش یافت ($p < 0.05$). در روز نخست، نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۶ دقیقه کمترین آلودگی به قارچ‌ها را نشان داد. در آغاز دوره نگهداری

جدول ۲- تأثیر اشعه فرابنفش C بر بقای کپک و مخمر در آب انگور قرمز (CFU/ml)

تیمار	زمان نگهداری (روز)			
	۱۲۰	۹۰	۶۰	۳۰
شاهد	۱۳۵۶/۶۷±۰/۵ ^a	۱۲۱۰/۰۰±۰/۵۷ ^{bc}	۱۱۴۳/۳۳±۰/۵۷ ^{cd}	۹۷۰/۰۰±۰/۰۰ ^{hi}
LTLT	۱۲۷۶/۶۷±۰/۲ ^b	۱۱۵۰/۰۰±۰/۲۵ ^{cd}	۱۰۵۰/۰۰±۰/۲۸ ^{fg}	۹۱۰/۰۰±۰/۵۷ ^{il}
UV ₂ -C1	۱۳۵۰/۰۰±۰/۳۵ ^a	۱۰۴۴/۳۳±۰/۲۰ ^{fgh}	۹۳۵/۰۰±۰/۵۷ ^{ij}	۸۳۱/۰۰±۰/۵۷ ^{lo}
UV ₂ -C2	۱۰۳۳/۳۳±۰/۵۱ ^{fgh}	۱۰۵۶/۶۷±۰/۱۰ ^{ef}	۸۵۰/۰۰±۰/۱۳ ^{kn}	۸۰۶/۰۰±۰/۵۷ ^{mp}
UV ₂ -C3	۹۲۰/۰۰±۰/۵۰ ^{ijk}	۷۷۳/۳۳±۰/۱۰ ^{nop}	۸۲۰/۰۰±۰/۵۷ ^{mno}	۷۶۵/۰۰±۰/۵۷ ^{op}
UV ₆ -C1	۱۱۰۰/۰۰±۰/۵۰ ^{def}	۱۰۵۰/۰۰±۰/۱۵ ^{fg}	۹۵۰/۰۰±۰/۱۵ ^{ij}	۸۰۰/۰۰±۰/۱۰ ^{mp}
UV ₆ -C2	۱۰۲۶/۶۷±۰/۱۰ ^{fgh}	۹۱۳/۳۳±۰/۱۵ ^{ijk}	۸۴۳/۰۰±۰/۱۰ ^{ko}	۷۷۵/۰۰±۰/۵۷ ^{nop}
UV ₆ -C3	۸۲۵/۳۳±۰/۷۰ ^{mno}	۸۸۰/۰۰±۰/۵۷ ^{lm}	۸۶۰/۰۰±۰/۱۰ ^{qr}	۶۰۰/۰۰±۰/۱۵ ^s
UV ₁₀ -C1	۱۱۳۰/۰۰±۰/۳۰ ^{de}	۱۰۸۰/۰۰±۰/۲۵ ^{def}	۸۵۰/۰۰±۰/۵ ^{kn}	۸۲۰/۰۰±۰/۵۷ ^{mno}
UV ₁₀ -C2	۹۷۵/۰۰±۰/۵۷ ^{ghi}	۹۴۶/۶۷±۰/۶۸ ^{ij}	۸۷۳/۰۰±۰/۱۴ ^{im}	۸۲۲/۰۰±۰/۴۶ ^{mno}
UV ₁₀ -C3	۸۰۰/۰۰±۰/۳۰ ^{mp}	۷۳۰/۰۰±۰/۵۱ ^{pq}	۶۶۳/۰۰±۰/۱۱ ^{qrs}	۶۳۱/۰۰±۰/۱۱ ^{sv}

Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV₂-C1: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C2: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV₂-C3: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV₆-C1: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C2: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV₆-C3: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV₁₀-C1: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C2: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV₁₀-C3: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ($p < 0.05$).

باعث شده آب بیشتری به درون سلول‌های میوه نفوذ کند و باعث خروج بیشتر مواد محلول از غشاء سلولی شود (Zou and Hou, 2017). pH در نمونه‌های پاستوریزه شده کمتر از نمونه‌های اشعه‌دهی شده بود که می‌تواند ناشی از تبخیر آب در طول عملیات حرارتی باشد (Ibraz et al., 2005). تغییرات بریکس، pH و اسیدیته آب انگور

از مهم‌ترین ویژگی‌های شیمیایی آب میوه pH، اسیدیته و بریکس است. با توجه به نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد تغییرات بریکس نمونه‌های آب انگور اشعه‌دهی شده و پاستوریزه شده به دلیل تأثیر اشعه فرابنفش C و یا حرارت در تخریب بافت میوه و دیواره سلولی باشد که این تخریب

این فرآیند بر غیرفعال کردن آنزیم‌های اکسید کننده ویتامین ث از جمله آسکوربات اکسیداز و پراکسیداز باشد (Henrique, et al., 2016). همچنین در طی فرآیند اشعه‌دهی در مقایسه با فرآیند پاستوریزاسیون میزان اکسیژن محلول آب میوه که باعث تخریب اسید آسکوربیک می‌شود، کاهش می‌یابد (Rojas, et al., 2016). کاهش اسید آسکوربیک در طول دوره ذخیره سازی به دلیل اکسیده شدن این ویتامین توسط آنزیم‌های اکسید کننده (آسکوربات اکسیداز و پراکسیداز) فعال موجود در آب میوه و حضور عوامل تشدید کننده اکسایش این ویتامین مانند اکسیژن، نور و دما باشد (Davey et al., 2000; Odriozola et al., 2008).

آنتوسیانین‌ها بزرگ‌ترین و مهم‌ترین گروه رنگدانه‌های محلول در آب می‌باشند که یک گروه بزرگ از فلاونوئیدها را شامل می‌شوند. این ترکیبات دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی از جمله آنتی اکسیدان، ضد التهاب، ضد سرطان، ضد جهش‌زایی و بازدارنده آنزیم آلفا گلوکوزیداز می‌باشد (Kovacevic, et al., 2016). یافته‌های این تحقیق نشان داد که نمونه‌های تحت تیمار اشعه فرابنفش C محتوی آنتوسیانین بیشتری نسبت به نمونه پاستوریزه شده دارند که علت آن تخریب جزئی و یا کامل غشا دیواره سلولی است که موجب انتشار مواد درون سلولی از جمله آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدهای فنولیک که در واکنش‌ها قرار دارند به محیط اطراف می‌شود که در نتیجه آن محتوی آنتوسیانین آب انگور قرمز افزایش پیدا می‌کند (Kovacevic, et al., 2016). باید اشاره داشت که کمتر بودن محتوی آنتوسیانین آب انگور پاستوریزه شده در مقایسه با نمونه‌های اشعه‌دهی شده به دلیل اثر مخرب حرارت بر تجزیه و تخریب آنتوسیانین‌ها می‌باشد (Herceg, et al., 2015). هرستگ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که پاستوریزاسیون آب توت فرنگی موجب کاهش ۸ درصدی محتوی آنتوسیانین آب توت فرنگی باعث می‌شود (Herceg, et al., 2015). پاتراس و

قرمز طی دوره نگهداری می‌تواند ناشی از واکنش‌های شیمیایی احتمالی انجام شده و به دنبال آن تغییر غلظت ترکیباتی نظیر قندها و اسیدهای آلی و گروه‌های آزاد کننده یون H^+ باشد (Renuka, et al., 2009). کامینیتی و همکاران (۲۰۱۲)، و یانگ و همکاران (۲۰۱۹)، تفاوت ناچیزی را در اسیدیته نمونه‌های آب سیب تیمار شده با اشعه ماوراءبنفش و نمونه شاهد گزارش کردند (Caminiti, et al., 2012; Yang, et al., 2019). در آب میوه‌ها کدورت و ابری شدن از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های ظاهری هستند که روی رنگ و خصوصیات ارگانولپتیک فرآورده تأثیر می‌گذارند. این فاکتور تحت تأثیر ترکیباتی از قبیل سلولز، همی سلولز، پروتئین، لیپید، پکتین و سایر ترکیبات جزئی است که نقش مهمی در ویسکوزیته و ثبات کدورت دارند (Aadil, et al., 2013). افزایش کدورت در نمونه پاستوریزه شده نسبت به نمونه‌های اشعه‌دهی شده ممکن است به این دلیل باشد که فرآیند حرارتی با از بین بردن آنزیم پکتیناز و همچنین تخریب دیواره سلولی باعث شکسته شدن ماکرومولکول‌ها به مولکول‌های کوچک‌تر و در نتیجه افزایش تعداد ذرات سوسپانسیون و متعاقباً افزایش کدورت می‌شود (Aadil, et al., 2013). در مقابل، تفاوت معنی داری ($p > 0/05$)، میان نمونه‌های اشعه‌دهی شده و نمونه شاهد مشاهده نشد. لذا در مقایسه با تیمار حرارتی، اشعه فرابنفش C می‌تواند به‌طور مؤثری از تغییر کدورت آب انگور جلوگیری کند.

ویتامین ث به دلیل فعالیت آنتی اکسیدانی به عنوان یکی از ترکیبات مؤثر در جلوگیری از بیماری‌های مزمن مورد توجه است. طبق نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان گفت که تخریب حرارتی ناشی از فرآیند پاستوریزاسیون می‌تواند دلیلی بر کمتر بودن محتوی اسید آسکوربیک آب انگور پاستوریزه شده در مقایسه با نمونه‌های اشعه‌دهی شده باشد. تأثیر مثبت فرآیند اشعه‌دهی فرابنفش C بر حفظ محتوی اسید آسکوربیک آب انگور می‌تواند به علت تأثیر

داده است که افزایش شاخص روشنایی و قرمزی نمونه‌های اشعه‌دهی شده احتمالاً با تأثیر اشعه فرابنفش C بر جلوگیری از تخریب رنگدانه‌های طبیعی موجود در آب میوه، کاهش شدت اکسیداسیون و غیرفعال‌سازی آنزیم‌های اکسید کننده ترکیبات زیست فعال و رنگدانه‌ها مرتبط می‌باشد (Henrique, et al., 2016). کاهش قابل توجه شاخص L^* نمونه‌های آب انگور پس از تیمار حرارتی را می‌توان به تجزیه و تخریب رنگدانه‌ها در اثر حرارت و وقوع واکنش‌های شیمیایی و قهوه‌ای شدن نسبت داد (Yang, et al., 2019). بالاتر بودن شاخص قرمزی نمونه‌های اشعه‌دهی شده در مقایسه با نمونه پاستوریزه شده را می‌توان به افزایش رنگدانه آنتوسیانین نسبت داد. نتایج حاصل از مطالعات راتاناتانارک و همکاران (۲۰۰۵) بر روی رنگ آب آناناس (Rattanathanalerk, et al., 2005)، چوتینتراسری و نومورم (۲۰۰۷) بر روی رنگ پوره آناناس (Chutintrasri and Noomhorm)، و یانگ و همکاران (۲۰۱۹) برای تغییرات رنگ آب سیب (Yang, et al., 2019)، نیز مؤید این مطلب بود که حرارت سبب کاهش روشنایی نمونه‌ها می‌شود.

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که استفاده از اشعه فرابنفش C تعداد کپک و مخمرها را در تمام نمونه‌های آب انگور کاهش داد. غیرفعال شدن میکروبی با اشعه ماوراء بنفش ممکن است به علت تأثیر اشعه بر پیوندهای متقابل بین نوکلئوزیدهای پیریمیدین مجاور رشته DNA باشد که باعث اختلال در زنجیره DNA و مانع از تکثیر DNA می‌شود (Miller, et al., 1999). نتایج این تحقیق با یافته‌های یانگ و همکاران (۲۰۱۹) برای آب سیب (Yang, et al., 2019)، گورثرو و همکاران (۲۰۰۴) برای آب انگور، کرن بری و گریپ فروت (Guerrero-Beltran, et al., 2004) و هنریکه و همکاران برای آب انگور (Henrique, et al., 2016) تطابق داشت. اگرچه تعداد کلونی‌های کپک مخمر در تمام آب میوه‌های مورد آزمایش با اشعه ماوراء بنفش کمتر از نمونه شاهد و نمونه پاستوریزه شده شمارش شد، اما تعداد

همکاران (۲۰۱۰) اذعان داشتند که میزان آنتوسیانین در توت سیاه و توت فرنگی در اثر تیمار دمایی کاهش قابل توجهی یافت (Patras, et al., 2010). نتایج این پژوهش نشان داد که محتوی آنتوسیانین آب انگور طی دوره ذخیره‌سازی کاهش یافت. علت این امر را می‌توان اینگونه توضیح داد که آنتوسیانین‌ها بسیار ناپایدار بوده و با گذشت زمان این ترکیب تجزیه و اکسیده خواهد شد (Garofulic, et al., 2015).

ترکیبات فنولیک برای سلامتی انسان بسیار مهم هستند. این ترکیبات به دلیل داشتن خاصیت آنتی اکسیدانی نقش مهمی را در کنترل بسیاری از بیماری‌ها بر عهده دارند. پلی فنول‌ها یکی از مهم‌ترین ترکیبات در حفظ کیفیت آب میوه‌ها است (Chen, et al., 2013). در میوه‌ها و سبزیجات به خصوص آب میوه‌ها ترکیبات فنولی و ویتامین‌ها از ترکیبات اصلی مؤثر در میزان درصد مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد و ظرفیت آنتی اکسیدانی هستند. ترکیبات آنتی اکسیدان ظرفیت به دام انداختن رادیکال‌های آزادی که باعث آسیب به بدن می‌شود را دارد و باعث کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های ناشی از اکسیداتیو می‌شوند (Zou and Hou, 2017). در این تحقیق، فرایند اشعه‌دهی فرابنفش C در مقایسه با پاستوریزاسیون موجب حفظ بهتر محتوی فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی آب انگور قرمز شد که دلیل آن شکستن دیواره سلولی و افزایش آزادسازی ترکیبات فنولی باند شده و همچنین تولید متابولیت‌هایی با عملکرد آنتی اکسیدانی می‌باشد (Chen, et al., 2013). نتایج مطالعه یانگ و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که تیمار فرابنفش می‌تواند موجب حفظ بیشتر ترکیبات فنولیک در آب سیب در مقایسه با تیمار حرارتی شود (Yang, et al., 2019).

رنگ آب میوه‌ها بر روی رفتار مشتری جهت خرید و افزایش بازار پسندی این فرآورده بسیار مؤثر است. تغییر رنگ می‌تواند ناشی از فرایندهای اعمال شده بر روی فرآورده باشد و یا در اثر رشد میکروارگانیسم‌ها ایجاد شود (Bhat and Goh, 2017). نتایج مطالعات پیشین نشان

- electric field processing on the quality of fruit juice beverages sweetened with Stevia rebaudiana. Food and bioprod process. 101:214-222.
- Chen Y., Yu L.J. and Rupasinghe H.V. 2013. Effect of thermal and non-thermal pasteurization on the microbial inactivation and phenolic degradation in fruit juice: A mini-review. J Sci Food Agric. 93(5):981-986.
 - Chutintrasri B. and Noomhorm A. 2007. Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. LWT-Food Sci Technol. 40(2):300-306.
 - Davey M.W., VanMontagu M., Inze D., Sanmartin M., Kanellis A., Smimoff N., Benzie L.J.J., Strain J.J., Favell D. and Fletcher J. 2000. Plant L-ascorbic: chemistry, function, metabolism, bioavailable, and effects of processing. J Sci Food Agric. 80(7):825-60.
 - Donahue D.W., Canitez N. and Bushway A.A. 2004. UV inactivation of E. coli O157:H7 in apple cider: Quality, sensory and shelf-life analysis. J Food Process Preserv. 28(5):368-387.
 - Fратиanni A., Cinquanta L. and Panfil G. 2010. Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating. LWT-Food Sci Technol. 43(6):867-871.
 - Garofulic I.E., Jambrak A.R., Milosevic S., Dragovic-Uzelac V., Zoric Z. and Herceg Z. 2015. The effect of gas-phase plasma treatment on the anthocyanin and phenolic acid content of sour cherry Marasca (Prunus cerasus var. Marasca) juice. LWT-Food Sci Technol. 62(1):894-900.
 - Guerrero-Beltran J.A. and Barbosa-Canovas G.V. 2004. Advantages and limitations on processing foods by UV light. Food Sci Technol Int. 10:137-147.
- کل مخمر و کپک در آب میوه‌های اشعه‌دهی شده بیشتر از ده \log CFU/ml بود که در محدوده استاندارد ملی ایران شماره ۳۴۱۴ نمی باشد. بنابراین، اشعه ماوراء بنفش نمی تواند الزامات عقیم‌سازی میکروبی تجاری آب انگور قرمز را بدست آورد (Henrique, et al., 2016).
- نتیجه‌گیری کلی**
- تیمار فرابنفش C در آب انگور قرمز باعث حفظ بهتر اسید آسکوربیک، آنتوسیانین، فنول کل، فعالیت آنتی اکسیدانی شد و تأثیر چشمگیری در کاهش جمعیت کپک و مخمرها داشت. آب میوه‌های پرتودهی شده شاخص روشنی و قرمزی بالاتری نسبت به نمونه پاستوریزه شده نشان دادند. تیمار با دوز ۳۰ وات به مدت ۶ و ۱۰ دقیقه از نظر ویژگی‌های کیفی و میکروبی نسبت به سایر تیمارها ترجیح داده شد. با اینکه پاستوریزاسیون معمولی دمایی پایین زمان طولانی در غیر فعال کردن رشد میکروبی و طولانی شدن عمر مفید آب انگور قرمز مؤثرتر بود، اما تأثیرات منفی بر ویژگی‌های کیفی آن بر جای گذاشت. از این رو، اشعه فرابنفش C به عنوان یک جایگزین مناسب برای حفظ بهتر خواص کیفی آب انگور قرمز پیشنهاد می‌شود.
- منابع**
- Aadil R.M., Zeng X., Han Z. and Sun D. 2013. Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. Food Chem. 141:3201-3206.
 - Bhat R. and Goh K.M. 2017. Sonication treatment convalesces the overall quality of hand-pressed strawberry juice. Food Chem. 215:470-476.
 - Caminiti I.M., Palgan I., Munoz A., Noci F., Whyte P., Morgan D.J. and Lyng J.G. 2012. The effect of ultraviolet light on microbial inactivation and quality attributes of apple juice. Food Bioprocess Technol. 5:680-686.
 - Carbonell-Capella J.M., Buniowska M., Cortes C., Zulueta A., Frigola A. and Esteve M.J. 2017. Influence of pulsed

12. Henrique P., Boas A.C.V., Lima R.A.Z., Decarlos A.N. and Lima L.C. 2016. Color, physicochemical parameters, and antioxidant potential of whole grape juices subject to different UV-C radiation doses. *Cienc. Agrotecnologia*. 40(2):226-234.
13. Herceg Z., Lelas V., Rezek Jambrak A., Vukusic T. and Levaj B. 2015. Influence of thermo-sonication on microbiological safety, color, and anthocyanins content of strawberry juice. *J Hyg Eng Des*. 26.
14. Ibarz A., Pagan J., Panades R. and Garza S. 2005. Photochemical destruction of color compounds in fruit juices. *J Food Eng*. 69:155-160.
15. Igual M., Garcia-Martinez E., Camacho M.M. and Martinez-Navarrete N. 2011. Changes in flavonoid content of grapefruit juice caused by thermal treatment and storage. *Innov Food Sci Emerg Technol*. 12(2):153-162.
16. Kovacevic D.B., Putnik P., Dragovic-Uzelac V., Pedisic S., Jambrak A.R. and Herceg Z. 2016. Effects of cold atmospheric gas-phase plasma on anthocyanins and color in pomegranate juice. *Food Chem*. 190:317-323.
17. Miller R., Jeffrey W., Mitchell D. and Elasm M. 1999. Bacteria responses to ultraviolet light. *ASM J*. 65:535-541.
18. Odriozola-Serrano I., Aguilo-Aguayo I., Soliva-Fortuny R., Gimeno-Ano V. and Martin-Belloso O. 2008. Lycopene, vitamin C, antioxidant capacity of tomato juice as affected by high-intensity pulsed electric fields' critical parameters. *J Agric Food Chem*. 55(22):9036-42.
19. Patras A., Brunton N.P., O'Donnell C. and Tiwari B.K. 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends Food Sci Technol*. 21:3-11.
20. Rattanathanalerk M., Chiewchan N. and Srichumpoung W. 2005. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *J Food Eng*. 66(2):259-265.
21. Renuka B., Kulkarni S.G., Vijayanand P. and Prapulla S.G. 2009. Fructooligosaccharide fortification of selected fruit juice beverages: Effect on the quality characteristics. *LWT-Food Sci Technol*. 42:1031-3.
22. Rojas M.L., Trevilin J.H. and Esteves Duarte Augusto P. 2016. The ultrasound technology for modifying enzyme activity. *Sci Agropecu*. 7(2):145-150.
23. Rupasinghe H.P.V. and Yu L.J. 2012. Emerging preservation methods for fruit juice and beverages. *Food Addit*. 65-82.
24. Unluturk S.R. and Atilgan M. 2014. UV-C irradiation of freshly squeezed grape juice and modeling inactivation kinetics. *J Food Process Eng*. 37:438-449.
25. Yang Y., Shen H., Tian Y., You Z. and Guo Y. 2019. Effect of thermal pasteurization and ultraviolet treatment on the quality parameters of not-from-concentrate apple juice from different varieties. *J Food Sci*. 17:189-198.
26. Zou Y. and Hou X. 2017. Sonication enhances the quality and antioxidant activity of blueberry juice. *Food Sci Technol*. 37(4):599-603.

The Effect of UV-C Radiation Compare to Pasteurization on the Qualitative and Microbial Properties in Red Grape Juice

Taheri M¹, Goli M^{2,3}, Shahi S*³

1. M.Sc. Graduated, Department of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
2. Department of Food Science and Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic, Azad University, Isfahan, Iran.
3. Laser and Biophotonic in Biotechnologies Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

*Corresponding author: *shahilaser@khuisf.ac.ir*

Received: 10 March 2022

Accepted: 08 May 2022

Abstract

This study has investigated the effect of UV-C radiation at doses of 8, 15 and 30 W compare to pasteurization (LTLT) on turbidity and total phenol content changes of red grape juice immediately after processing, and some chemical (pH, acidity, ascorbic acid, anthocyanins, antioxidant capacity, and color), and microbial (mold and yeast) properties during the period of 0, 30, 60, 90 and 120 days of storage at room temperature. Eleven treatments were given, including UV-C treatments at 2, 6, and 10 minutes, as well as dosages of 8, 15, and 30 watts, with a control and a pasteurized grape juice sample. The results showed that overtime in during storage, the Brix values decreased, and also the irradiated samples at a dose of 30 W for 2 and 6 min showed the lowest Brix values. When compared to shorter irradiation intervals, irradiating grape juice for 10 minutes reduced acidity and increased pH. Irradiated grape juice had higher ascorbic acid, anthocyanin, total phenol, and antioxidant activity compared to pasteurized samples. Irradiated samples showed higher antioxidant activity at the end of the storage period compared to other treatments. UV-C radiation compare to pasteurization was able to prevent the turbidity and color changes in red grape juice. In terms of quality and microbiological features, 30 watt treatments for 6 and 10 minutes were favored above other treatments. Overall, UV-C radiation as a suitable alternative to the usual pasteurization led to better preservation of the qualitative and microbial properties of red grape juice.

Keywords: Red grape juice, UV-C radiation, Total phenol, Anthocyanin, Microbial inactivation.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited Copyright © 2022 Shahrekord Branch, Islamic Azad University.