

## مقایسه تابش فرابنفش سی و پاستوریزاسیون بر ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی آب آلبالو

کیمیا درستی<sup>۱</sup>، محمد گلی<sup>۲</sup>، شریفه شاهی<sup>۳\*</sup>

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: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۳۰

## چکیده

فرآیندهای غیرحرارتی مانند اشعه ماوراءبنفش می‌تواند یک تکنیک امیدوارکننده و سالم برای حفظ ترکیبات مفید و مغذی آبمیوه‌ها باشند. این مطالعه تأثیر پاستوریزاسیون (LTLT) و اشعه UV-C در دوزهای ۸، ۱۵ و ۳۰ وات بر تغییرات محتوای اسید آسکوربیک، آنتوسیانین‌ها، فنول کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب آلبالو بلافاصله پس از فرآوری، و برخی ویژگی‌های شیمیایی (pH، اسیدیته و رنگ) و میکروبی را طی ۱۲۰ روز نگهداری در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) مورد بررسی قرار داد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، اشعه‌دهی به مدت ۱۰ دقیقه باعث افزایش چشمگیر pH شد. سطح اسیدیته قابل‌تیتراسیون در طول دوره ذخیره‌سازی افزایش یافت و نتایج pH را تأیید کرد. آب آلبالوهای تیمار شده با اشعه UV-C در مقایسه با نمونه‌های پاستوریزه شده از محتوای اسید آسکوربیک، آنتوسیانین، فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری برخوردار بودند. افزایش دوز و زمان اشعه‌دهی تأثیر مثبتی بر افزایش میزان اسید آسکوربیک، آنتوسیانین‌ها، فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی داشت. شاخص روشنی ( $L^*$ ) و قرمزی ( $a^*$ ) در نمونه‌های اشعه‌دهی شده در مقایسه با نمونه پاستوریزه شده به‌طور قابل‌توجهی بیشتر بود. در میان تیمارهای مختلف، نمونه‌های اشعه‌دهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۶ و ۱۰ دقیقه از نظر ویژگی‌های کیفی و میکروبی نسبت به سایر تیمارها ارجح بودند. در پایان دوره نگهداری، کمترین شمارش کپک و مخمرها در نمونه پرتودهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه به‌دست آمد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که اشعه UV-C به عنوان یک جایگزین مناسب برای فرآیند پاستوریزاسیون (LTLT) آب آلبالو پیشنهاد می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** پرتو فرابنفش، آب آلبالو، پاستوریزاسیون، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، غیر فعال‌سازی میکروبی.

## مقدمه

میوه‌های رنگی به علت حضور ترکیبات فعال زیستی نقش اساسی و حیاتی را در رژیم غذایی انسان بازی می‌کنند. آلبالو با نام علمی *Prunus cerasus* یکی از میوه‌های تولیدی در جهان و بومی جنوب غرب آسیا و اروپا است. آلبالو حاوی مواد قندی، پروتئین، کلسیم، فسفر، آهن، ویتامین آ، تیامین، ریبوفلامین، ویتامین ث و نیز مقداری سدیم، منیزیم، پتاسیم، مس، روی و املاح دیگر است. آلبالو یکی از میوه‌های مناطق معتدله بوده و منبع بسیار خوبی از آنتی‌اکسیدان، آنتوسیانین، ترکیبات فنولی و ملاتونین می‌باشد. خواص تغذیه‌ای آلبالو برای سلامتی انسان و جلوگیری از بسیاری از بیماری‌ها نظیر دیابت و انواع سرطان‌ها مفید است. اغلب آلبالوی تولیدی کشور فرآوری

شده و فقط مقدار کمی از آن به صورت تازه مصرف می‌شود (نجف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۳). یکی از فرآورده‌های مهمی که از آلبالو تهیه می‌شود، آب آلبالو است. فرآیند حرارتی یک روش پاستوریزاسیون مؤثر است که عمر ماندگاری آبمیوه‌جات را افزایش می‌دهد اما مشکلاتی از نظر کیفیت حسی و تغذیه‌ای همچون از دست رفتن طعم و مزه، تجزیه مواد مغذی و توسعه واکنش‌های قهوه‌ای شدن ناشی از حرارت ایجاد می‌کند. حرارت در مقایسه با سایر روش‌های حفظ و نگهداری مواد غذایی از مزیت مهم تأمین ایمنی و سلامت و همچنین حفظ طولانی مدت مواد غذایی که در نتیجه تأثیر مخرب حرارت بر روی آنزیم‌ها و میکروارگانیسم‌ها است، برخوردار است. با این وجود، حرارت

## روش کار

### تهیه آب آلبالو

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

### پاستوریزاسیون LTLT

برای بررسی تأثیر پاستوریزاسیون، نمونه‌ها به مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر در ارلن شیشه‌ای ۲۵۰ میلی‌لیتری با درپوش آلومینیومی در اتوکلاو ۹۰ درجه سلسیوس (دمای بهینه پاستوریزاسیون مورد استفاده در کارخانه) به مدت ۳۰ ثانیه پاستوریزه شدند. نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایشات درون ظروف شیشه‌ای در دمای اتاق تحت شرایط روشنایی نگهداری شدند (Rupasinghe and Yu, 2012).

### فرآوری آب آلبالو با UV-C

پرتو تابی UV-C با استفاده از لامپ مخصوص با طول موج ۲۵۴ نانومتر که در فاصله ۲۰ سانتی‌متری از ظروف پلاستیکی درب باز حاوی آب آلبالو نصب شده بود، انجام گرفت. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق مطابق با جدول یک در نظر گرفته شد (Unluturk et al., 2008; Henrique et al., 2016).

بررسی ویژگی‌های فیزیکی‌وشیمیایی آب آلبالو

### pH و اسیدیته

pH آب میوه‌ها با استفاده از pH متر دیجیتال اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری اسیدیته از تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال بر اساس اسید غالب (اسید تارتاریک) استفاده شد (Henrique et al., 2016).

می‌تواند موجب افت ترکیبات زیست فعال شود. فرآیند حرارتی مرسوم برای آبمیوه‌ها باعث از بین رفتن برخی ترکیبات مغذی نظیر فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها می‌شود. اعمال تیمارهای حرارتی در دماهای بالاتر از ۸۰ درجه سلسیوس باعث تغییرات نامطلوبی در خواص فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و ارگانولپتیک آب میوه‌ها نظیر افت مواد مغذی، رنگ، بو، طعم و مقبولیت کلی در آب میوه‌ها می‌شوند (Bhattacharjee et al., 2011). به منظور جلوگیری از اثرات مضر فرآیند حرارتی، فرآیندهای غیرحرارتی به عنوان یک روش نگهداری جایگزین برای اکثر آبمیوه‌جات تازه پیشنهاد شده است. درمقایسه با تیمارحرارتی، روش‌های غیر حرارتی اثرات مخرب کمتری را روی مواد مغذی و خواص حسی مواد غذایی دارند (Garde-Cerdan et al., 2007).

اشعه فرابنفش (UV) می‌تواند به عنوان یک فرآیند غیرحرارتی مؤثر و جایگزین در فرآورده‌های حساس به حرارت مانند فرآورده‌های تخم‌مرغ مایع، آبمیوه‌جات و آب-سبزیجات به کار رود. ویژگی‌های حسی آبمیوه‌ها مانند رنگ و طعم پس از تیمار با پرتو ماوراء بنفش در سیب، پرتقال، آناناس، انبه، هندوانه، انار، هلو، آلبیمو و آب انگور و همچنین مخلوط سیب هویج مورد مطالعه قرار گرفته است. در اکثر مطالعات، تغییر رنگ ناچیز در اکثر آبمیوه‌ها گزارش شده و نتیجه گرفته‌اند که فرآیند UV، ویژگی‌های رنگ آبمیوه-های تازه را بیشتر از فرآیند حرارتی حفظ کرده است (Donahue et al., 2004; Gayan et al., 2011; Amanian et al., 2019; Alabdali et al., 2020).

مصرف آب آلبالو به علت محتوای ترکیبات زیست فعال مثل آنتوسیانین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و مواد فنولی رو به افزایش است و با توجه به تولید مقدار بالایی از آب آلبالو در صنعت آبمیوه ایران و توجه به خواص کیفی و حسی، در این پژوهش اثر فرآوری متداول پاستوریزاسیون با روش فرآوری پرتو فرابنفش (UV-C) روی آب آلبالو مطالعه شد تا روش فرآوری مطلوبی برای آن پیشنهاد شود.

اسید آسکوربیک

جهت تعیین مقدار اسید آسکوربیک آب آلبالو از روش تیتروسی با محلول ۲ و ۶ دی کلروفنل ایندوفنل استفاده شد (Henrique et al., 2016).

آنتوسیانین

محتوی آنتوسیانین آب آلبالو با استفاده از جذب اسپکتروفتومتری در حضور بافرها و pH های مختلف اندازه گیری گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری و مقدار جذب (A) طبق رابطه یک محاسبه شد. محتوی آنتوسیانین منومریک کل (TA) برحسب میلی‌گرم بر میلی لیتر معادل سیانیدین ۳- گلوکوزید بیان گردید (Henrique et al., 2016).

رابطه یک

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH4.5}$$

محتوی فنول کل

محتوی فنولی کل آب آلبالو طبق روش فولین-سیوکالتیو اندازه‌گیری شد. میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت گردید. برای به-دست آوردن منحنی کالیبراسیون از اسید گالیک به عنوان استاندارد استفاده شد و محتوی فنول کل بر حسب میلی‌گرم در لیتر بیان گردید (Henrique et al., 2016).

خاصیت آنتی اکسیدانی

ظرفیت آنتی اکسیدانی آب آلبالو بر اساس مهار رادیکال های ۲ و ۲ دی فنیل ۱ پیکریل هیدرازیل (DPPH) تعیین شد. حجم مشخصی از آب آلبالو (۵۰ میکرولیتر) به محلول متانولی DPPH (۱۹۵۰ میکرولیتر) اضافه گردید. سپس جذب نمونه‌ها پس از ۳۰ دقیقه نگهداری در تاریکی توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها به صورت درصد بازدارندگی

رادیکال آزاد DPPH با استفاده از رابطه دو محاسبه گردید (Henrique et al., 2016):

رابطه دو

$$100 \times (A_{\text{شاهد}}/A_{\text{نمونه}} - A_{\text{شاهد}}) = \text{درصد بازدارندگی رادیکال آزاد DPPH}$$

رنگ

پارامترهای رنگی ( $L^*$ ,  $a^*$  و  $b^*$ ) با استفاده از دستگاه رنگ-سنج بررسی شد. 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

شمارش کپک و مخمر پس از اسیدی شدن محیط با اسیدتارتاریک ۱۰٪ 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 (استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۹۹-۱).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش نمونه‌های آب آلبالو تحت تیمارهای UV-C در زمان‌های ۰، ۲، ۶، 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 ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار اکسل (۲۰۱۶) استفاده گردید.

جدول ۱- تیمارهای به کار رفته در تحقیق

ردیف	تیمار	زمان پرتودهی (دقیقه)	دوز اشعه (وات)
۱	کنترل (شاهد)	۰	۰
۲	LTLT	ندارد	ندارد
۳	UV <sub>2</sub> -C <sub>1</sub>	۲	۸
۴	UV <sub>2</sub> -C <sub>2</sub>	۲	۱۵
۵	UV <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	۲	۳۰
۶	UV <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	۶	۸
۷	UV <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>	۶	۱۵
۸	UV <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	۶	۳۰
۹	UV <sub>10</sub> -C <sub>1</sub>	۱۰	۸
۱۰	UV <sub>10</sub> -C <sub>2</sub>	۱۰	۱۵
۱۱	UV <sub>10</sub> -C <sub>3</sub>	۱۰	۳۰

LTLT: پاستوریزه شده، UV<sub>2</sub>-C<sub>1</sub>: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>1</sub>: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>2</sub>: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>3</sub>: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه

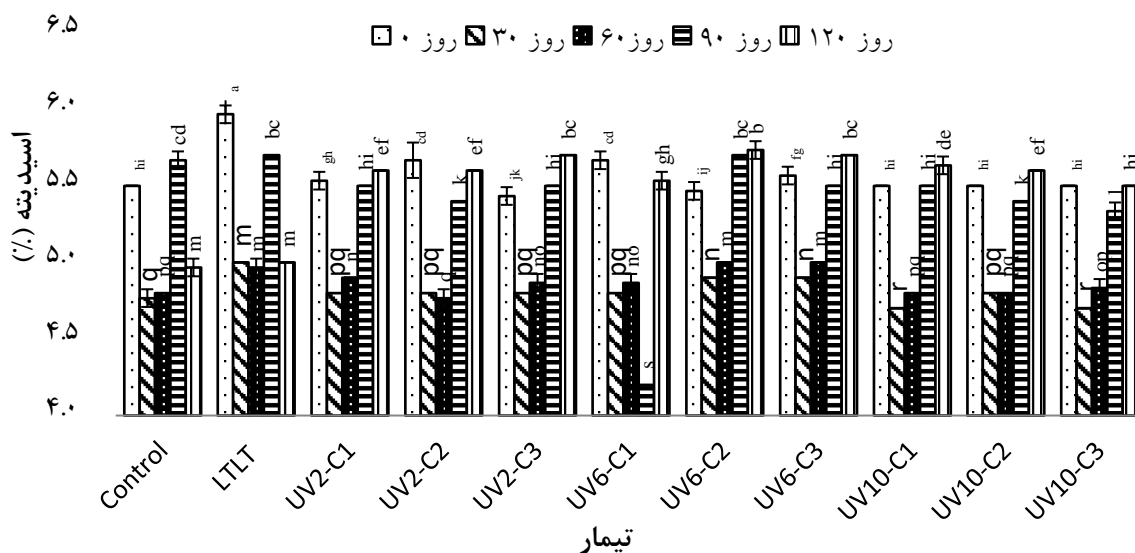
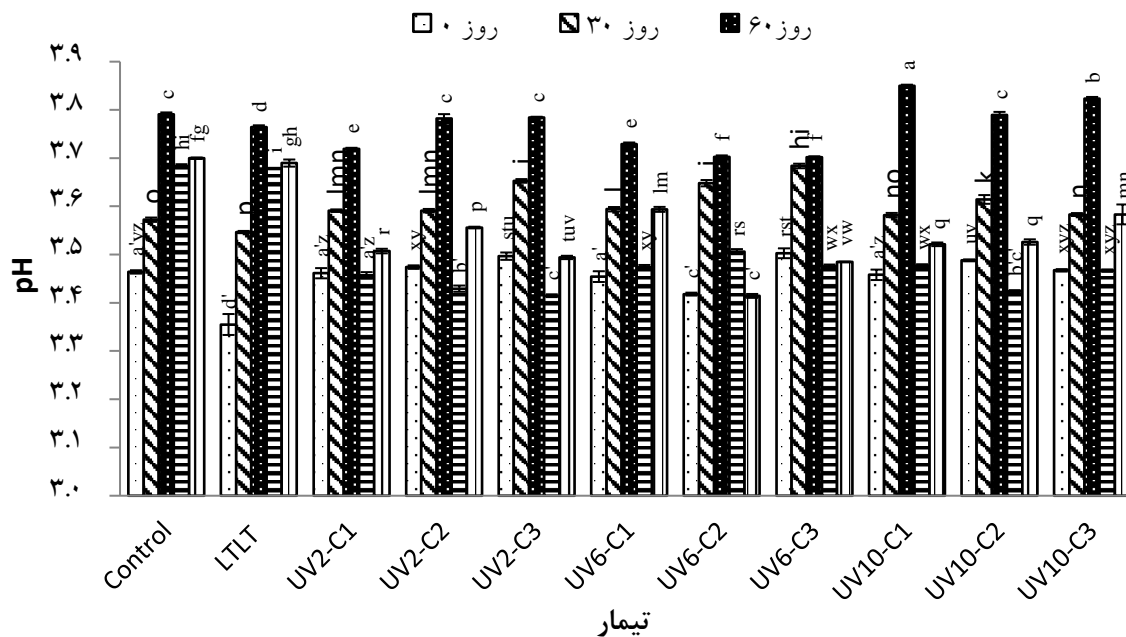
۱۰ دقیقه

## نتایج

### pH و اسیدیته

شکل یک مقادیر pH را در طول زمان نگهداری نشان می-دهد. در روزهای ابتدایی نگهداری، تفاوت معنی داری بین نمونه شاهد و پاستوریزه مشاهده شد ( $p < 0.05$ )، اما در روزهای پایانی دوره نگهداری این تفاوت چشمگیر نبود ( $p > 0.05$ ). تفاوت معنی داری میان دوز پرتودهی و زمان ذخیره سازی وجود داشت ( $p < 0.05$ ). اشعه دهی در ۱۰ دقیقه باعث افزایش چشمگیر pH شد. مقادیر pH تا روز ۶۰ ام ذخیره سازی افزایش و پس از آن تا روز ۱۲۰ ام ذخیره سازی روند کاهشی داشت.

شکل یک اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه‌هایی را که تحت اشعه دهی UV-C قرار گرفته‌اند نشان می دهد. آب میوه‌های پرتودهی شده در آخر دوره ذخیره سازی دارای اسیدیته بالاتری (درصد اسید تارتاریک) بودند. نمونه پاستوریزه شده (LTLT) تا روز ۶۰ ام، بالاترین اسیدیته را در بین نمونه‌ها نشان داد ( $p < 0.05$ ). اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه‌ها در طول ذخیره سازی افزایش یافت. در پایان دوره نگهداری بالاترین اسیدیته مربوط به نمونه شاهد و نمونه های UV<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>، UV<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>، UV<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>، UV<sub>10</sub>-C<sub>2</sub> و UV<sub>10</sub>-C<sub>3</sub> بود.



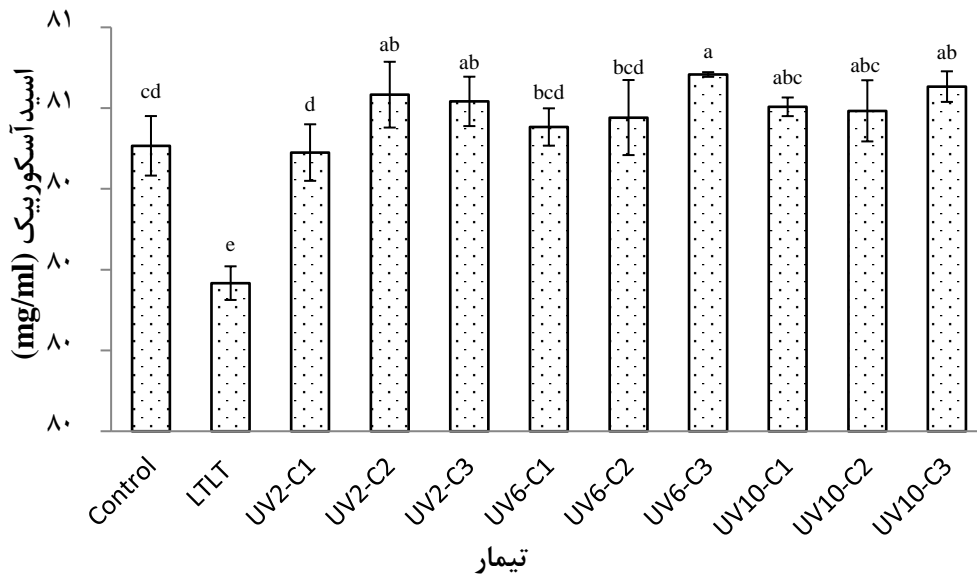
شکل ۱- تغییرات pH و اسیدیته نمونه‌های آب آلبالو طی دوره نگهداری

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 ( $p > 0.05$ ).

شده (LTLT) بیشتر بود ( $p < 0.05$ ). نمونه‌های اشعه‌دهی شده به مدت ۱۰ دقیقه از محتوی اسید آسکوربیک بیشتری در مقایسه با نمونه شاهد برخوردار بودند ( $p < 0.05$ ). در نمونه‌های اشعه‌دهی شده به مدت کوتاه‌تر (۲ و ۶ دقیقه)،

اسید آسکوربیک محتوی اسید آسکوربیک تیمارهای مختلف در شکل دو نشان داده شده است. میزان اسید آسکوربیک در آب آلبالو پرتودهی شده و نمونه شاهد در مقایسه با نمونه پاستوریزه

استفاده از دوز بالاتر اشعه UV-C (۳۰ وات) تأثیر بیشتری در حفظ محتوی اسید آسکوربیک نمونه‌ها داشت ( $p < 0.05$ ).

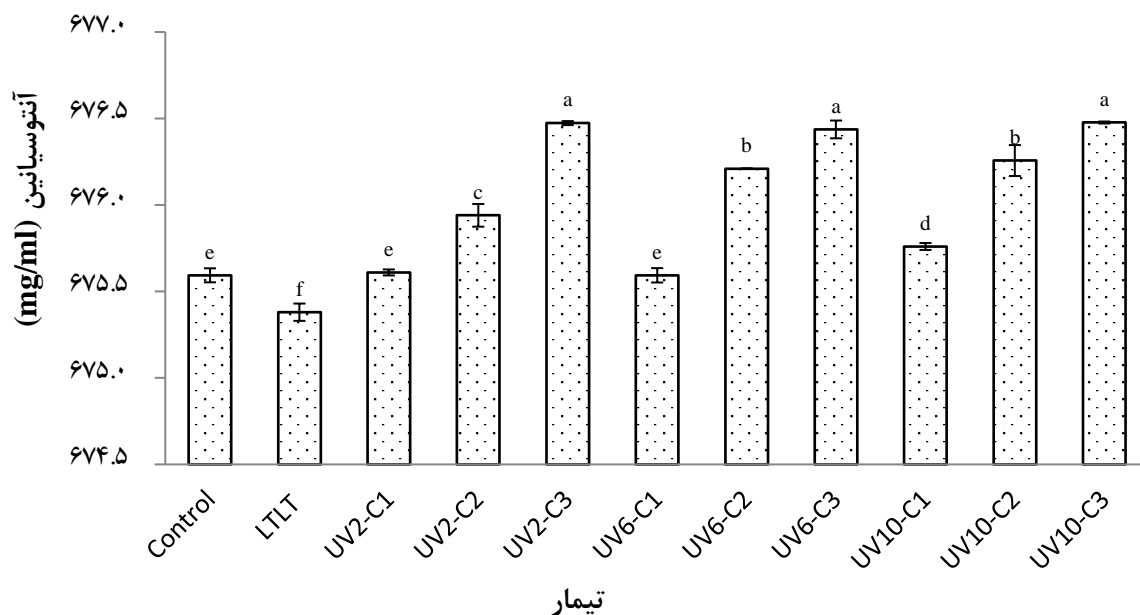


شکل ۲- تغییرات اسید آسکوربیک نمونه‌های آب آلبالو طی دوره نگهداری

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 ( $p > 0.05$ ).

انتوسیانین‌ها ( $p > 0.05$ )، اما محتوی آنتوسیانین سایر نمونه‌های اشعه-دهی شده در مقایسه با نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر ارزیابی شد. بیشترین میزان آنتوسیانین در نمونه‌های اشعه-دهی شده با دوز ۳۰ وات در مدت زمان ۲، ۶ و ۱۰ دقیقه مشاهده شد ( $p < 0.05$ )، که این امر بیانگر بیشتر بودن تأثیر دوز اشعه‌دهی نسبت به مدت زمان آن بر محتوی آنتوسیانین آب آلبالو بود (شکل سه).

میزان کل آنتوسیانین‌ها با رنگدانه‌های آب میوه‌ها ارتباط مستقیم دارد. میزان آنتوسیانین در آب آلبالو پرتودهی شده و نمونه شاهد در مقایسه با نمونه پاستوریزه شده (LTLT) بیشتر بود ( $p < 0.05$ ). افزایش دوز و زمان اشعه‌دهی تأثیر مثبتی بر حفظ محتوی آنتوسیانین نمونه‌ها داشت ( $p < 0.05$ ). نمونه‌های اشعه‌دهی شده با توان ۸ وات به مدت ۲ و ۶ دقیقه تفاوت معنی‌داری را با نمونه شاهد نشان ندادند



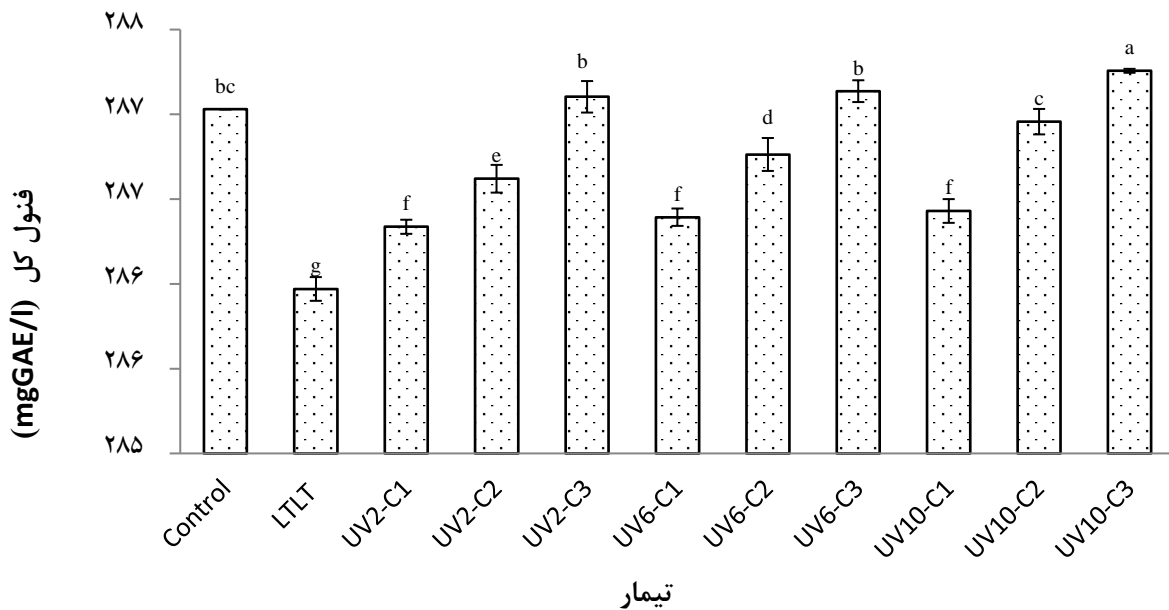
شکل ۳- تغییرات آنتوسیانین نمونه‌های آب آلبالو طی دوره نگهداری

(Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV<sub>2</sub>-C<sub>1</sub>: UV<sub>2</sub>-C<sub>1</sub> ۸ وات - ۲ دقیقه، UV<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>: UV<sub>2</sub>-C<sub>2</sub> ۱۵ وات - ۲ دقیقه، UV<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>: UV<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> ۳۰ وات - ۲ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>: UV<sub>6</sub>-C<sub>1</sub> ۸ وات - ۶ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>: UV<sub>6</sub>-C<sub>2</sub> ۱۵ وات - ۶ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>: UV<sub>6</sub>-C<sub>3</sub> ۳۰ وات - ۶ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>1</sub>: UV<sub>10</sub>-C<sub>1</sub> ۸ وات - ۱۰ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>2</sub>: UV<sub>10</sub>-C<sub>2</sub> ۱۵ وات - ۱۰ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>3</sub>: UV<sub>10</sub>-C<sub>3</sub> 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 پرتودهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه از محتوی فنول کل بیشتری برخوردار بود ( $p < 0.05$ ). نمونه‌های پرتودهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۲ و ۶ دقیقه تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند ( $p > 0.05$ ). کمترین میزان فنول کل در نمونه پاستوریزه شده (LTLT) و بیشترین آن در نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه به‌دست آمد.

#### فنول کل

همانطور که در شکل چهار مشاهده می‌شود محتوی فنول کل در آب آلبالو پرتودهی شده و نمونه شاهد در مقایسه با نمونه پاستوریزه شده (LTLT) بیشتر بود ( $p < 0.05$ ). افزایش همزمان دوز و زمان اشعه‌دهی تأثیر مثبتی بر افزایش محتوی فنول کل نمونه‌ها نشان داد ( $p < 0.05$ ). محتوی فنول کل نمونه‌های پرتودهی شده در مقایسه با نمونه شاهد کاهش چشمگیری داشت ( $p < 0.05$ )، و تنها



شکل ۴- تغییرات محتوی فنول کل نمونه‌های آب آلبالو طی دوره نگهداری

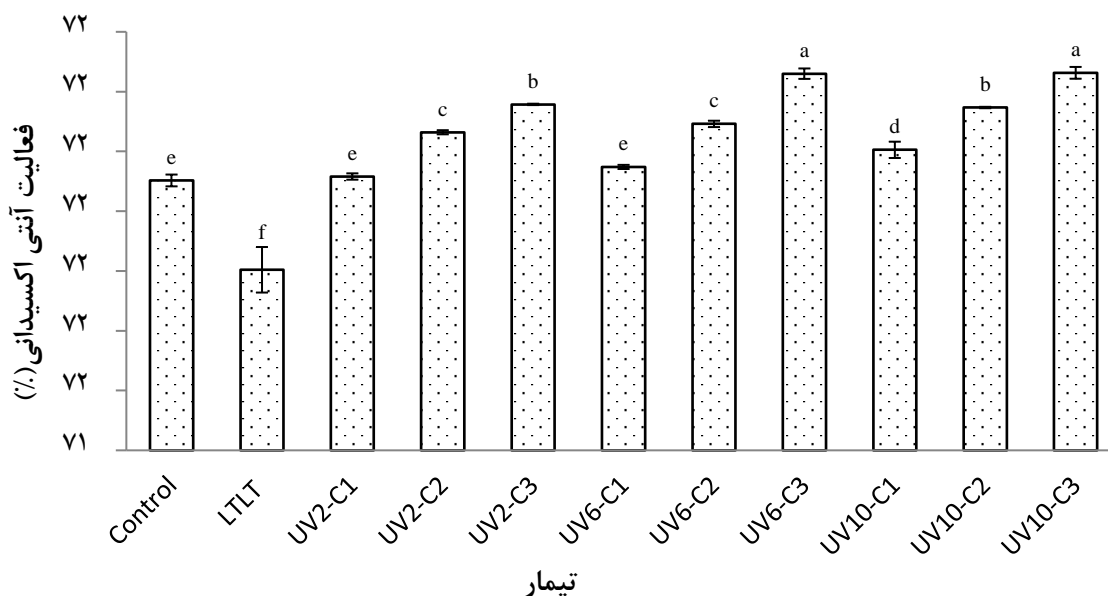
Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV2-C1: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV2-C2: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV2-C3: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV6-C1: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV6-C2: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV6-C3: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV10-C1: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV10-C2: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV10-C3: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه). میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ( $p>0.05$ ).

پرتودهی شده در مقایسه با نمونه شاهد افزایش قابل توجهی داشت ( $p<0.05$ )، و تنها نمونه پرتودهی شده با دوز ۸ وات به مدت ۲ و ۶ دقیقه تفاوت معنی‌داری را با نمونه شاهد نشان ندادند ( $p>0.05$ ). بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۶ و ۱۰ دقیقه بود (شکل پنج).

#### فعالیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج این تحقیق نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب آلبالو پرتودهی شده و نمونه شاهد در مقایسه با نمونه پاستوریزه شده (LTLT) به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ( $p<0.05$ ). افزایش دوز و زمان اشعه‌دهی تأثیر به‌سزایی بر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های اشعه‌دهی شده داشت ( $p<0.05$ ). فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های





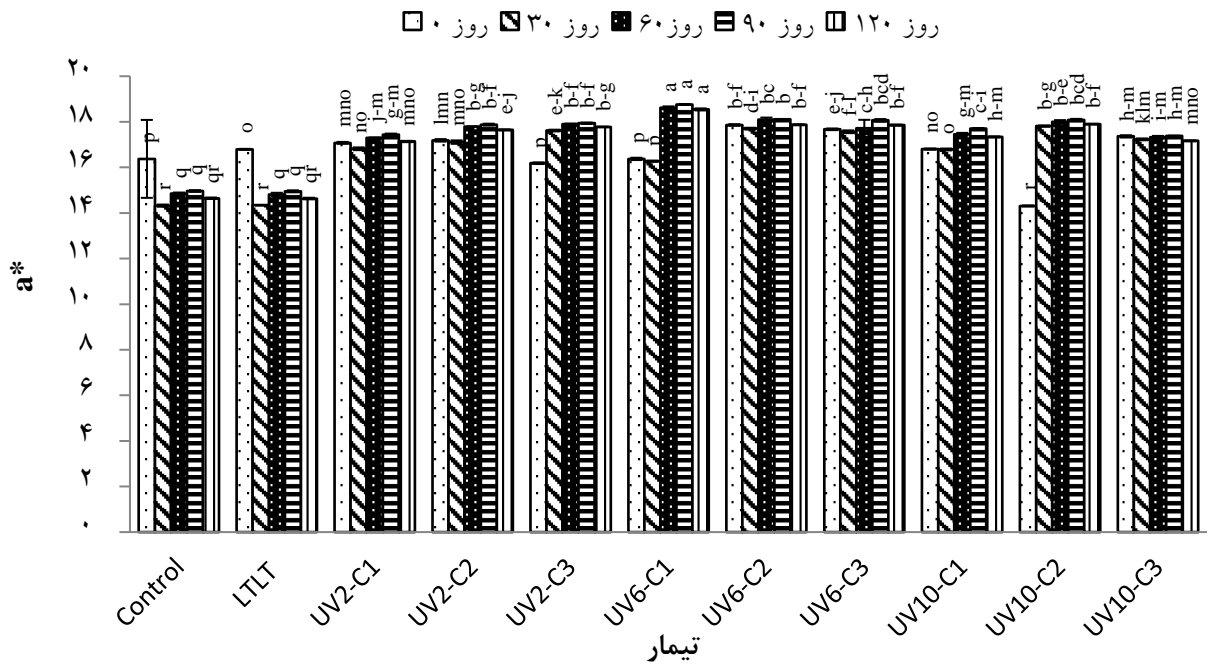
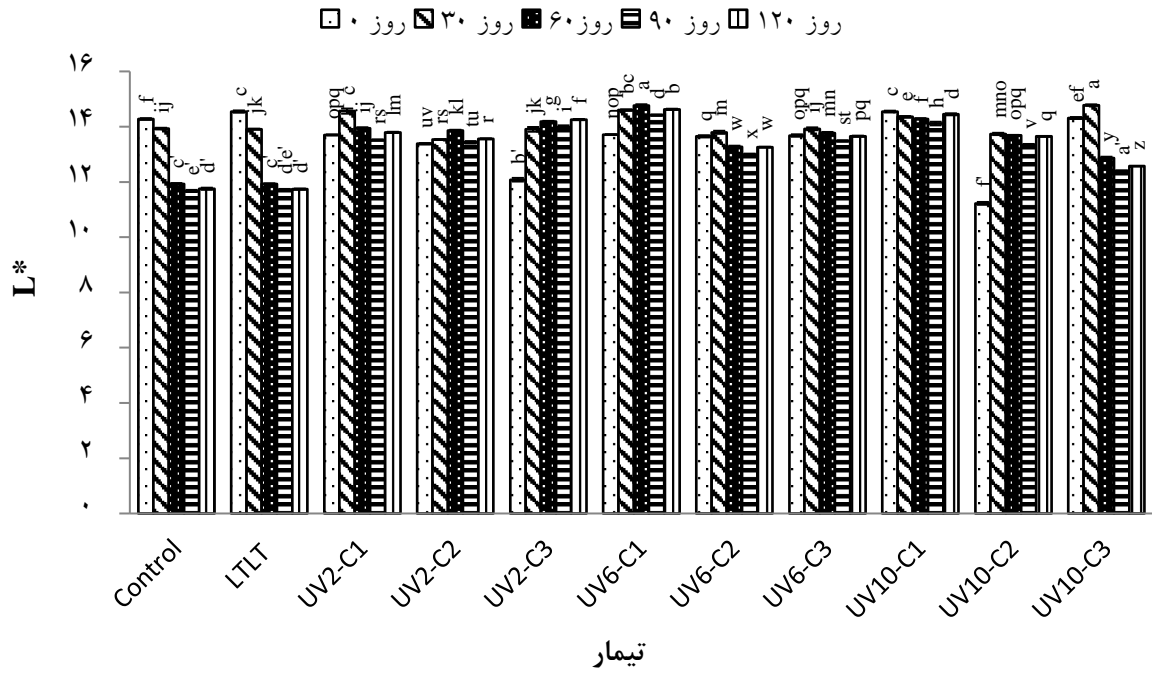
شکل ۵- تغییرات فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های آب آلبالو طی دوره نگهداری

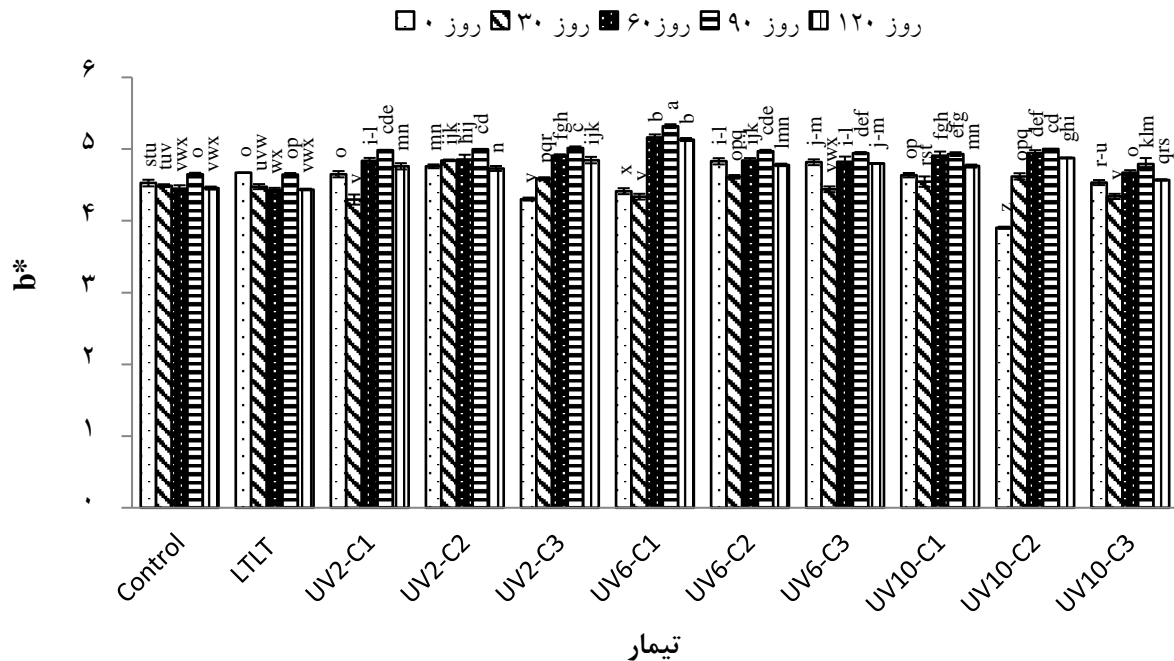
Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV2-C1: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV2-C2: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV2-C3: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV6-C1: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV6-C2: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV6-C3: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV10-C1: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV10-C2: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV10-C3: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ( $p > 0.05$ ).

اشعه‌دهی موجب کاهش شاخص روشنایی و قرمزی نمونه‌ها گردید. در روز نخست، بیشترین مقدار قرمزی را نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۱۵ وات به مدت ۶ دقیقه نشان داد، و در روز پایانی نگهداری بالاترین قرمزی در آب آلبالو پرتودهی شده با دوز ۸ وات به مدت ۶ دقیقه مشاهده شد (شکل شش). در روز ابتدایی نگهداری، بالاترین مقدار  $b^*$  در نمونه پرتودهی شده با دوز ۸۰ وات به مدت ۱۰ دقیقه مشاهده شد. در پایان دوره نگهداری بالاترین مقدار  $b^*$  در نمونه اشعه‌دهی شده با دوز ۸ وات به مدت ۶ دقیقه گزارش شد و نمونه شاهد و پاستوریزه شده کمترین مقدار زردی ( $b^*$ ) را نشان دادند (شکل شش).

رنگ

شکل شش مقادیر شاخص روشنایی ( $L^*$ ) در آب آلبالو تیمار شده در معرض UV-C را نشان می‌دهد. مقادیر  $L^*$  در طول دوره ذخیره‌سازی در نمونه شاهد و پاستوریزه (LTLT) کاهش یافت. شاخص روشنایی ( $L^*$ ) و قرمزی ( $a^*$ ) نمونه‌های اشعه‌دهی شده طی دوره ذخیره‌سازی در مقایسه با نمونه شاهد و نمونه پاستوریزه شده به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ( $p < 0.05$ ). آب میوه‌های پرتودهی شده به مدت ۲ دقیقه کمتر تیره شدند، این امر بدان معناست که شاخص روشنایی ( $L^*$ ) این نمونه‌ها در مقایسه با سایر نمونه‌های پرتودهی شده بیشتر بود. همچنین افزایش دوز





شکل ۶- تغییرات پارامترهای رنگی  $L^*$ ،  $a^*$ ، و  $b^*$  نمونه‌های آب آلبالو طی دوره نگهداری

Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV<sub>2</sub>-C<sub>1</sub>: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>1</sub>: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>2</sub>: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>3</sub>: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ( $p>0.05$ ).

غیرفعال‌سازی میکروبی همانطور که در جدول دو مشخص است رشد کپک و مخمرها از روز ۳۰ ام تا پایان دوره نگهداری به صورت معنی داری افزایش یافت ( $p<0.05$ ). در روز نخست، نمونه اشعه-دهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۶ و ۱۰ دقیقه کمترین آلودگی به قارچ‌ها را نشان داد. در آغاز دوره نگهداری 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.

جدول ۲- تأثیر UV بر شمارش کپک و مخمر (تعداد واحد کلنی در میلی لیتر) در آب آلبالو طی دوره نگهداری

تیمار	زمان نگهداری (روز)			
	۱۲۰	۹۰	۶۰	۳۰
شاهد	۱۸۰۰/۰۰±۰/۵۰ <sup>c</sup>	۱۴۲۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>f</sup>	۱۱۲۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>i</sup>	۹۸۰/۰۰±۰/۰۰ <sup>jk</sup>
LTLT	۱۷۵۰/۰۰±۰/۲۰ <sup>cd</sup>	۱۲۸۰/۰۰±۰/۲۵ <sup>gh</sup>	۱۰۱۰/۰۰±۰/۲۸ <sup>j</sup>	۶۵۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>or</sup>
UV <sub>2</sub> -C <sub>1</sub>	۱۲۰۰/۰۰±۰/۳۵ <sup>c</sup>	۱۰۰۰/۰۰±۰/۲۰ <sup>jk</sup>	۶۹۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>o</sup>	۶۳۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>os</sup>
UV <sub>2</sub> -C <sub>2</sub>	۱۱۰۰/۰۰±۰/۵۱ <sup>f</sup>	۹۴۰/۰۰±۰/۱۰ <sup>jm</sup>	۶۵۰/۰۰±۰/۱۳ <sup>or</sup>	۶۰۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>ou</sup>
UV <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	۱۰۰۰/۰۰±۰/۵۰ <sup>jk</sup>	۸۶۰/۰۰±۰/۱۰ <sup>mn</sup>	۶۰۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>ou</sup>	۵۵۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>sv</sup>
UV <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	۱۲۰۰/۰۰±۰/۵۰ <sup>d</sup>	۹۸۳/۰۰±۰/۱۵ <sup>jk</sup>	۶۸۰/۰۰±۰/۱۵ <sup>op</sup>	۶۲۰/۰۰±۰/۱۰ <sup>ot</sup>

۱۱۰۰/۰۰±۰/۱۰ <sup>g</sup>	۹۱۰/۰۰±۰/۱۵ <sup>kn</sup>	۶۳۰/۰۰±۰/۱۰ <sup>os</sup>	۵۸۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>qu</sup>	UV <sub>6</sub> -C <sub>2</sub>
۹۹۰/۰۰±۰/۷۰ <sup>a</sup>	۸۴۰/۰۰±۰/۰۵ <sup>n</sup>	۵۹۰/۰۰±۰/۱۰ <sup>pu</sup>	۵۳۰/۰۰±۰/۱۵ <sup>tu</sup>	UV <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>
۱۲۰۰/۰۰±۰/۳۰ <sup>e</sup>	۹۶۰/۰۰±۰/۲۵ <sup>ikl</sup>	۶۶۰/۰۰±۰/۵ <sup>opq</sup>	۶۱۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>ou</sup>	UV <sub>10</sub> -C <sub>1</sub>
۱۰۰۰/۰۰±۰/۵۷ <sup>hi</sup>	۸۸۰/۰۰±۰/۶۸ <sup>lmn</sup>	۶۲۷/۰۰±۰/۱۴ <sup>ot</sup>	۵۶۰/۰۰±۰/۴۶ <sup>tv</sup>	UV <sub>10</sub> -C <sub>2</sub>
۹۷۰/۰۰±۰/۳۰ <sup>b</sup>	۸۲۰/۰۰±۰/۵۱ <sup>n</sup>	۵۸۰/۰۰±۰/۱۱ <sup>qu</sup>	۵۳۰/۰۰±۰/۱۱ <sup>uv</sup>	UV <sub>10</sub> -C <sub>3</sub>

Control: شاهد، LTLT: پاستوریزه شده، UV<sub>2</sub>-C<sub>1</sub>: ۸ وات- ۲ دقیقه، UV<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>: ۱۵ وات- ۲ دقیقه، UV<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>: ۳۰ وات- ۲ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>: ۸ وات- ۶ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>2</sub>: ۱۵ وات- ۶ دقیقه، UV<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>: ۳۰ وات- ۶ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>1</sub>: ۸ وات- ۱۰ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>2</sub>: ۱۵ وات- ۱۰ دقیقه، UV<sub>10</sub>-C<sub>3</sub>: ۳۰ وات- ۱۰ دقیقه. میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ( $p>0.05$ ).

### بحث

#### pH و اسیدیته

نتایج این تحقیق نشان داد که pH نمونه‌های پاستوریزه شده پایین‌تر از آب میوه‌های اشعه‌دهی شده بود که می‌تواند ناشی از تبخیر آب و تغییر محتوی مواد جامد در طول عملیات حرارتی باشد (Ibarz et al., 2005). قابل توجه است که مقادیر به دست آمده در این مطالعه در محدوده تعیین شده توسط استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۳۴ (۲/۶-۳/۸) بود. سطح اسیدیته قابل تیتراسیون در برخی نمونه‌ها در طول دوره ذخیره‌سازی افزایش یافت که این افزایش سطح اسیدیته ممکن است به دلیل تخریب پکتین که اسید گالاکتورونیک تولید می‌کند، باشد. قابل توجه است که مقادیر به دست آمده در این مطالعه بیشتر از محدوده تعیین شده توسط استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۳۴ (۱-۳/۵) گرم اسید تارتاریک/۱۰۰ گرم) بود. این مشاهدات با سایر تحقیقات موجود در رابطه با آب میوه‌های پرتودهی شده با اشعه ماوراء بنفش مطابقت داشت (Henrique et al., 2016; Unluturk et al., 2008; Caminiti et al., 2012; Guerrero-Beltrán et al., 2009).

#### اسید آسکوربیک

مطابق با نتایج پژوهش حاضر تا پایان دوره ذخیره‌سازی مقدار کمی اسید آسکوربیک در نمونه‌ها باقی مانده است. تمامی نمونه‌های اشعه‌دهی شده با دوزهای مختلف دارای مقادیر بیشتری اسید آسکوربیک نسبت به نمونه پاستوریزه شده نشان دادند که این امر نشان دهنده تأثیر مثبت تابش

UV-C بر غیرفعال‌سازی آنزیم‌های تجزیه‌کننده و اکسید کننده اسید آسکوربیک و حفظ بهتر این ویتامین می‌باشد (Henrique et al., 2016). به طور مشابه، برخی محققین نیز افزایش قابل توجهی در میزان اسید آسکوربیک آب آناناس و آب انگور تحت تیمار با پرتو UV-C را در مقایسه با نمونه شاهد گزارش کردند (Chia et al., 2012; Unluturk et al., 2008). نجوگو و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده نمودند که محتوی اسید آسکوربیک در آب انگور در اثر تیمار حرارتی با دمای ۸۰ درجه سلسیوس به میزان ۱۷ درصد کاهش می‌یابد (Njoku et al., 2011).

#### آنتوسیانین

در این تحقیق آب آلبالو اشعه‌دهی شده دارای محتوی آنتوسیانین بیشتری در مقایسه با نمونه پاستوریزه شده بود که علت را می‌توان به نقش مؤثر و مثبت فرایند اشعه‌دهی بر کاهش شدت تخریب حرارتی رنگدانه‌ها و همچنین سرعت اکسیداسیون نسبت داد. در این راستا، هرستگ و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده نمودند که پاستوریزاسیون (تیمار حرارتی) آب توت فرنگی باعث کاهش ۸ درصدی محتوی آنتوسیانین آب توت فرنگی می‌شود (Herceg et al., 2015). پاتراس و همکاران (۲۰۱۰) نیز بیان کردند که آنتوسیانین پلارگونیدین و سیانیدین در توت سیاه و توت فرنگی در اثر تیمار حرارتی کاهش یافت (Patras et al., 2010).

ترکیبات فنولیک و فعالیت آنتی اکسیدانی

افزایش محتوی فنول کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی آب آلبالو پرتودهی شده همراه با افزایش دوز و زمان اشعه‌دهی نشان دهنده تأثیر این فرآیند بر استخراج ترکیبات فنولی باند شده با ترکیبات دیواره سلولی و یا تولید متابولیت‌هایی با عملکرد آنتی اکسیدانی می باشد. یانگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز تغییرات جزئی در محتوی فنولی نمونه‌های آب سیب تحت تیمار با UV را در مقایسه با تیمار حرارتی گزارش کردند که نشان می‌دهد که تیمار UV می‌تواند موجب حفظ بیشتر ترکیبات فنولیک در آب میوه‌ها شود (Yang et al., 2019). هنریکه و همکاران در سال ۲۰۱۶ و پالا و توکلوکا در سال ۲۰۱۳، با مطالعه تأثیرات اشعه UV-C بر برخی ویژگی‌های کیفی آب انگور گزارش دادند که تیمار UV-C بر میزان ترکیبات فنولیک تأثیر نمی‌گذارد (Henrique et al., 2016; Pala et al., 2013). تحقیقات قبلی نیز نشان داده است که تجزیه ترکیبات فنولیک طی فرایند حرارتی با تخریب ساختار و اکسیداسیون ترکیبات فنولی در ارتباط است (Guiné et al., 2016; Abdullah, 2012).

رنگ

گزارشات نشان می‌دهد که افزایش شاخص روشنایی و قرمزی نمونه‌های اشعه‌دهی شده ممکن است مربوط به علت تأثیر اشعه UV-C بر رنگدانه‌های طبیعی موجود در آب آلبالو، سرعت و شدت اکسیداسیون و غیرفعال‌سازی آنزیم‌ها باشد (Henrique et al., 2016). مقدار  $L^*$  پس از تیمار حرارتی به میزان قابل توجهی کاهش یافت که می‌تواند به دمای بالای فرآیند نسبت داده شود (Yang et al., 2019). هنریکه و همکاران در سال (۲۰۱۶) برای آب انگور (Henrique et al., 2016)، ایبارز و همکاران در سال (۲۰۰۵) برای آب سیب (Ibarz et al., 2005)، چیا و همکاران (۲۰۱۲) در آب آناناس (Chia et al., 2012) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

کیفیت میکروبی

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از اشعه UV-C تعداد کپک و مخمرها را در تمام نمونه‌های آب آلبالو کاهش می‌دهد. غیرفعال شدن میکروبی با اشعه ماوراء بنفش ممکن است به دلیل تأثیر اشعه بر پیوندهای متقابل بین نوکلئوزیدهای پیریمیدین مجاور رشته DNA باشد که باعث اختلال در زنجیره DNA و ممانعت از تکثیر DNA می‌شود (Miller et al., 1999). نتایج این تحقیق با یافته‌های یانگ و همکاران (۲۰۱۹) برای آب سیب (Yang et al., 2019)، گورنررو 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) مطابقت 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 کل مخمر و کپک در آب میوه‌های اشعه‌دهی شده بیشتر از  $10^4$  CFU/ml بود که در محدوده استاندارد ملی ایران شماره ۳۴۱۴ نمی باشد. بنابراین، اشعه ماوراء بنفش نمی‌تواند الزامات عقیم‌سازی میکروبی تجاری آب آلبالو را بدست آورد (Henrique et al., 2016).

### نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، تغییرات فیزیکوشیمیایی آب آلبالو اشعه-دهی شده با UV-C در دوزهای ۸، ۱۵ و ۳۰ وات مورد بررسی قرار گرفت. تیمار UV-C و افزایش دوز و زمان اشعه‌دهی در آب آلبالو موجب احتباس بهتر اسید آسکوربیک، آنتوسیانین، فنول کل، فعالیت آنتی اکسیدانی و رنگ شد و تأثیر به‌سزایی را در کاهش جمعیت کپک و مخمرها نشان داد. در میان تیمارهای مختلف، نمونه‌های اشعه‌دهی شده با دوز ۳۰ وات به مدت ۶ و ۱۰ دقیقه از نظر ویژگی‌های کیفی و میکروبی نسبت به سایر تیمارها برتری داشتند. اگرچه پاستوریزاسیون معمولی (LTLT) در غیرفعال کردن رشد میکروبی و طولانی شدن عمر مفید آب آلبالو مؤثرتر بود، اما تأثیرات سوئی بر ویژگی‌های کیفی تازه

2. Abdullah S. 2012. Alternative processing techniques for pasteurization of liquid foods: microwave, ohmic heating and ultraviolet light. University of Hawaii.
3. Alabdali T.A.M. Icyer N.C. Ozkaya G.U and Durak M.Z. 2020. Effect of stand-alone and combined ultraviolet and ultrasound treatments on physicochemical and microbial characteristics of pomegranate juice. Appl. Sci. 10: 2-14.
4. Amanian A.K.Z. Roshan S. Noranizan M.A and Alifdalino S. 2019. UV-C effect on microbial disinfection of pineapple-mango juice blend using Dean-vortex technology. Food Res. 3(4): 285-294.
5. Aramwit P. Bang N and Srichana T. 2010. The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. Food Res Int. 43: 1093-1097.
6. Bhattacharjee A.K. Tandon D.K. Dikshit A and Kumar S. 2011. Effect of pasteurization temperature on quality of aonla juice during storage. J Food Sci Technol. 48(3): 269-273.
7. 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.
8. Chia S.L. Rosnah S. Noranizan M.A and Wan Ramli W.D. 2012. The effect of storage on the quality attributes of ultraviolet-irradiated and thermally pasteurised pineapple juices. Int Food Res J. 19(3): 1001-10.
9. 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.
10. 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.
11. Garde-Cerdan T. Arias-Gil M. Marselles-Fontanet A.R. Ancin-Azpilicueta C and Martin-Belloso O. 2007. Effects of thermal and non-thermal processing treatments on fatty acids and free amino acids of grape juice. Food Control. 18: 473-479.
12. Gayan E. Monfort S. Alvarez I and Condon, S. 2011. UV-C inactivation of *Escherichia coli* at different temperatures. Innovative Food Sci Emerg Technol. 12(4): 531-541.
13. Guerrero-Beltran J.A. Velti-Chanes J and Barbosa-Canovas G.V. 2009. Ultraviolet-C light processing of grape, cranberry and grapefruit juices to inactivate *Saccharomyces cerevisiae*. J Food Process Eng. 32: 916-932.
14. 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.
15. Guine R.P and Joao Barroca, M. 2016. Influence of processing and storage on fruit juices phenolic compounds. Intl J Med Biol Frontiers. 20: 45-57.
16. 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 Hygienic Eng Des. 26-37.
17. 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 Agrotec. 40(2): 226-234
18. Ibarz A. Pagan J. Panades R and Garza S. 2005. Photochemical destruction of color compounds in fruit juices. J Food Eng. 69: 155-160.
- آن داشت. در نتیجه، اشعه UV-C یک جایگزین مناسب برای حفظ بهتر خواص کیفی آب آلبالو می باشد.

## منابع

۱- نجفزاده، رقیه. ارزانی، کاظم و بوذری، ناصر. (۱۳۹۳). خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کیفی میوه برخی ژنوتیپ‌های برتر آلبالو (*Prunus cerasus* L.)، مجله به نژادی نهال و بذر، سال ۳۰، شماره ۳، صفحه ۶۵۰-۶۲۳.

19. Miller R. Jeffrey W. Mitchell D and Elasri M. 1999. Bacteria responses to ultra-violet light. *ASM J.* 65: 535-541.
20. Njoku P.C. Ayuk A.A and Okoye C.V. 2011. Temperature effects on vitamin c content in citrus fruits. *Pakistan J Nutr.* 10(12): 1168-1169.
21. 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.
22. Pala, C.U and Toklucu A.K. 2013. Effects of UV-C light processing on some quality characteristics of grape juices. *Food Bioprocess Technol.* 24(6): 719-725.
23. Rupasinghe H.P.V and Yu, L.J. 2012. Emerging preservation methods for fruit juice and beverages. *J Food Addit.* 65-82.
24. Unluturk S. Atilgan M.R. Baysal A.H and Tari C. 2008. Use of UV-C radiation as a nonthermal process for liquid egg products (LEP). *J Food Eng.* 85: 561-568.
25. Unluturk S. Atilgan M.R. Baysal, A.H and Unluturk M.S. 2010. Modelling inactivation kinetics of liquid egg white exposed to UV-C irradiation. *Int J Food Microbiol.* 142: 341-347.
26. Unluturk S.K. Arastoopour H and Koutchma T. 2004. Modeling of UV dose distribution in a thin-film UV reactor for processing of apple cider. *J Food Eng.* 65(1): 125-136.
27. Unluturk S and Atilgan R. 2015. Microbial Safety and Shelf Life of UV-C Treated Freshly Squeezed White Grape Juice. *J Food Sci.* 80, 8: 1-10.
28. 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.
29. 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.

## Comparison of UV-C radiation and pasteurization on chemical and microbial properties of cherry juice

Dorousti K<sup>1</sup>, Goli M<sup>2,3</sup>, Shahi S<sup>3\*</sup>

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](mailto:shahilaser@khuisf.ac.ir)

Received: 20 January 2022

Accepted: 19 April 2022

### Abstract

Non-thermal processes such as ultraviolet radiation can be used for maintaining the beneficial and nutritious compounds of juices. This study was investigated the effect of pasteurization (LTLT) and UV-C radiation at doses of 8, 15 and 30 W on ascorbic acid, anthocyanins, total phenol and antioxidant capacity changes of cherry juice immediately after processing, and some chemical (pH, acidity and color) and microbial properties for 120 days at room temperature (25 °C). Based on the results, irradiation at 10 minutes caused a significant increase in pH value. The titratable acidity level increased during the storage period and confirmed the pH results. Cherry juice treated with UV-C radiation had higher content of ascorbic acid, anthocyanin, total phenol and antioxidant activity compared to pasteurized samples. Increasing the dose and time irradiation had a positive effect on increasing the ascorbic acid, anthocyanins, total phenol and antioxidant activity. The brightness (L\*) and redness (a\*) indexes in irradiated samples were significantly higher than the pasteurized samples. Among the different treatments, irradiated samples at a dose of 30 W for 6 and 10 minutes were superior to other treatments in terms of qualitative and microbial properties. At the end of the storage period, the lowest count of mold and yeasts was obtained in the irradiated sample at a dose of 30 W for 10 minutes. Overall, it can be concluded that UV-C radiation is suggested as a suitable alternative to the pasteurization process (LTLT) of cherry juice.

**Keywords:** UV-C Radiation, Cherry juice, Pasteurization, Antioxidant properties, 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 © 2021 Shahrekord Branch, Islamic Azad University.