اثر پلاسمای سرد با گاز آرگون در افزایش عمر ماندگاری میوه گواوا توسرخ

مهدی پورهاشمی[۱]، مهناز هاشمی روان[۲]*، نازنین زند[۳]، علیرضا شهاب لواسانی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۱-استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۲-استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

۳-دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

*نویسنده مسئول: m_hashemiravan@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۷/۲۲، پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۹/۱

چکیده

پلاسمای سرد به‌عنوان یک فناوری نوین در صنایع غذایی، توانایی عامل در افزایش عمر ماندگاری میوه‌ها را دارد. این فناوری به دلیل قابلیت کشتن میکروارگانیسم‌ها و غیرفعال کردن آنزیم‌های فساد، می‌تواند به‌طور مؤثری عمر ماندگاری میوه‌ها را افزایش دهد. این تحقیق به بررسی تأثیر پلاسمای سرد با گاز آرگون بر ماندگاری میوه گواوا توسرخ (*Psidium guajava L.*)، پرداخته است. میوه‌های گواوا با سویه میکروبی *آسپرژیلوس نایجر* آلوده شده و سپس تحت تیمارهای مختلف پلاسمای سرد به مدت‌های متفاوت (از ۱۵۰ تا ۱۲۰۰ ثانیه)، قرار گرفتند. یافته‌ها نشان داد که استفاده از پلاسمای سرد به‌طور معنی‌داری تعداد کپک‌ها را کاهش می‌دهد و باعث بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی میوه می‌شود. همچنین، ارزیابی حسی نشان‌دهنده افزایش مقبولیت میوه‌های تحت تیمار پلاسمای سرد بود. تغییرات pH و سفتی بافت میوه‌ها نیز بهبود یافته و حاکی از کیفیت بهتر میوه‌های درمان شده بود. بر اساس نتایج حاصله، چنین استنتاج می‌گردد که پلاسمای سرد، یک روش مؤثر و غیرحرارتی برای حفظ کیفیت و افزایش عمر ماندگاری گواوا توسرخ است و می‌تواند به‌عنوان روشی جایگزین در مدیریت پس از برداشت محصولات باغی مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از پلاسمای سرد، در راستای توسعه فناوری‌های جدید در حفظ و نگهداری محصولات کشاورزی، به‌ویژه در بازارهای بین‌المللی، پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پلاسمای سرد، گواوا، میکروارگانیسم، عمر ماندگاری، گاز آرگون

مقدمه

افزایش استانداردهای سلامت، تمایل به استفاده از غذای ارگانیک و توسعه صادرات در سراسر دنیا نیاز به ماندگاری بیشتر، به‌کارگیری فن‌آوری‌های جایگزین و تحت نظارت استانداردهای بین‌المللی را افزون نموده است (۱). با وجود این، مهم‌ترین عملکرد استانداردها، جدا کردن ماده غذایی از محیط اطراف به‌منظور کاهش قرار گرفتن در معرض ضربه و زخمی شدن و عوامل فساد مانند میکروارگانیسم‌ها، اکسیژن، بخارآب و مواد بد بو و جلوگیری از کاهش ترکیبات مطلوب مانند ترکیبات معطر فرار است که باعث افزایش طول عمر موادغذایی می‌شود (۲). دستیابی به این اهداف نیاز به اتخاذ استراتژی‌های مناسب در زمینه تحقیق و توسعه فناوری‌های مرتبط با بخش‌های تولید، برداشت و مدیریت پس از برداشت محصولات دارد. اتحادیه اروپا در آژانس استراتژی نوآوری و تحقیق اروپا[۱]، سازمان اقدام در برابر گرسنگی فرانسه[۲] و سازمان بهره‌وری آسیا[۳]، به‌منظور ایجاد یکپارچگی در زمینه تحقیق و توسعه چالش‌های اصلی صنعت میوه و سبزی ابعاد مختلف موضوع ازجمله بخش فیزیولوژی و فناوری پس از برداشت را شناسایی و لیستی از اولویت‌های پژوهشی و توسعه فناورانه را پیشنهاد نموده‌اند. اتخاذ استراتژی‌های مناسب در زمینه تحقیق و توسعه فناوری‌های مرتبط با بخش‌های تولید، برداشت و مدیریت پس از برداشت

[1] Strategic Innovation and Research Agenda
[2] Actio Contre la Fai (ACF)
[3] The Asian Productivity Organization (APO)

محصولات، می‌تواند به بهبود کارایی، کاهش ضایعات و افزایش کیفیت محصولات کشاورزی کمک کند. توسعه فناوری‌های مناسب برای ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل محصولات پس از برداشت، ازجمله استفاده از بسته‌بندی‌های هوشمند و سیستم‌های کنترل دما و رطوبت، می‌تواند به حفظ کیفیت و کاهش ضایعات کمک کند. همچنین، آموزش کشاورزان در زمینه روش‌های صحیح مدیریت پس از برداشت بسیار مهم است (۳). بررسی‌ها نشان می‌دهد بیشترین میزان ضایعات میوه در کشورهای درحال‌توسعه طی مراحل برداشت، جابجایی، سورتینگ و سردخانه اتفاق می‌افتد، بنابراین مطالعه فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت که منتج به کاهش میزان ضایعات و حفظ کیفیت شود نقش محوری در تحقیقات دارد. گواوا[1] با نام علمی *Psidium guajava L.*، گیاهی از خانواده میرتاسه[2] است. این گیاه از جنوب مکزیک یا آمریکای شمالی منشأ گرفته است (۴). ازنظر گیاهشناسی میوه، سته بوده و اندازه آن متوسط تا بزرگ، به وزن ۱۱۰ تا ۲۵۰ گرم و قطری در حدود ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر، می‌باشد. هندوستان، بزرگترین تولیدکننده گواوا در دنیا است و پس از آن چین، تایلند، پاکستان، مکزیک، اندونزی، برزیل، بنگلادش، فیلیپین و نیجریه جزء ۱۰ کشور اول تولیدکننده گواوا در جهان، قرار دارند. با توجه به تقاضا برای ارقام اصلاح شده این میوه، کشت و پرورش آن در دنیا رو به افزایش می‌باشد. به‌طورکلی ارقام گوشت سفید برای تازه خوری و ارقام گوشت قرمز برای فرآوری مورد استفاده قرار می‌گیرند (۵). گواوا، دارای مواد معطر فوق‌العاده‌ای است و دلیل آن وجود استرها (هگزنیل استات[3] و اتیل بوتانات[4]، اتیل هگزانات[5]) مونوترپن‌ها (میرسن[6]، لیمونین[7]) و سزکوئی‌ترپن‌ها (کاریوفیلن[8]، همولین[9]، بیسابولن[10]) می‌باشد. در طی رسیدن، میوه، میزان مواد معطر آن افزایش می‌یابد. در طی رسیدن میوه، میزان کلروفیل (رنگ سبز) کم می‌شود و کاروتنوئیدها، رنگیزه‌های ایجادکننده رنگ‌های زرد و قرمز در میوه افزایش می‌یابند و باعث تغییر رنگ میوه از سبز به زرد می‌شوند. با توجه به رقم، رنگ گوشت میوه نیز به سفید، زرد، صورتی و یا قرمز تغییر پیدا می‌کند. کاروتنوئیدها در رنگ گوشت گواوا نقش دارند و مقدار نسبی کاروتنوئیدهای مختلف تعیین‌کننده شدت رنگ گوشت می‌باشد. به‌طورکلی میزان کاروتنوئیدهای کل در طی رسیدن میوه افزایش می‌یابد. لیکوپن و بتاکاروتن به ترتیب کاروتنوئیدهای غالب در ارقام گوشت قرمز می‌باشند (۶).

شکل ۱- میوه گواوا (۷)

برداشت میوه در زمان مطلوب، برای مصرف‌کننده حائز اهمیت می‌باشد. تأخیر در زمان برداشت سبب کاهش طول عمر انباری محصول می‌شود. میوه‌های نارس، حساس به صدمات مکانیکی بوده و طعم نامناسبی دارند. میوه‌های رسیده، نرم بوده و طعم دلپذیری دارند. بهترین شاخص برداشت، تغییر رنگ پوست و اندازه میوه می‌باشد. از شاخص‌های بلوغ می‌توان تغییر رنگ پوست از سبز تیره به سبز روشن و یا زرد را ذکر نمود (۸). اصطلاح پلاسما یک واژه یونانی (به معنی مواد شکل‌پذیر) است که اولین بار توسط ایروینگ لانگمویر در سال ۱۹۲۰ توصیف شد (۹). پلاسمای سرد روشی جدید برای فرآوری موادغذایی است که با توجه به غیرحرارتی بودن آن می‌تواند جایگزین مناسبی برای سایر روش‌های شیمیایی (مانند فرآیند با کلرین) و روش‌های فیزیکی (مانند فرایندهای فشار بالا، پالس‌های الکتریکی و اشعه یونیزه کننده) مورد استفاده برای استرلیزاسیون و پاستوریزاسیون موادغذایی باشد.

[1] Guava
[2] Myrtracea
[3] Hexenyl acetate
[4] Ethyl butanoate
[5] Ethyl hexanoate
[6] Myrcene
[7] Limonene
[8] Caryophyllene
[9] Humulene
[10] Bisabollene

تکنیک‌های استریلیزاسیون پلاسمایی، مؤثر، ساده و سریع (از چند ثانیه تا یک ساعت) و دارای دمای پایین‌تر (کمتر از ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشند). پژوهش‌های انجام شده در رابطه با پلاسمای سرد نشان داده است که قابلیت از بین بردن میکروب‌ها را دارد و همچنین می‌تواند کلیه فرم‌های رویشی، اسپورها و قارچ‌ها را از بین ببرد. پلاسمای سرد، یک فنّاوری سبز و نوظهور است و به گاز یونیزه شده‌ای اطلاق می‌شود که بخش کوچکی از اتم‌های آن یک یا چند الکترون ازدست‌داده و حاوی بسیاری از گونه‌های فعال مانند الکترون‌ها، یون‌ها، رادیکال‌های آزاد، حالت برانگیخته و تعداد زیادی مولکول خنثی غیریونیزه می‌باشد (۱۰). پلاسما، حالت چهارم ماده و در واقع گاز یونیزه شده‌ای می‌باشد که توسط برانگیخته شدن گاز، توسط یک میدان الکتریکی، به‌صورت تخلیه‌های الکتریکی تولید می‌شود (۱۱، ۱۲) و حالتی از گاز یونیزه شده (۱۳)، شامل یون‌ها، الکترون‌ها و اشعه ماورا بنفش و گونه‌های واکنش‌گر مانند رادیکال‌ها، اتم‌ها و مولکول‌های برانگیخته است که قادر به غیرفعال سازی میکروارگانیسم‌ها می‌باشند. گونه‌های واکنش‌گر تولید شده، اهداف سلولی متعددی را موردحمله قرار می‌دهند که پلاسمای سرد را جهت میکروب‌زدایی بسیار مؤثر می‌سازد. گازهای مورد استفاده در تولید پلاسما، می‌تواند نیتروژن، اکسیژن، هلیوم، آرگون و اتمسفر باشد. گونه‌های واکنش‌گر پلاسما به شرایط عملیات (نوع گاز، نوع و توان پلاسما)، بستگی دارد (۱۴). در بین روش‌های میکروب‌زدایی غیرحرارتی، پلاسمای سرد به علت وجود مزایای بالقوه مانند طبیعت غیرسمی، هزینه‌های عملیاتی پائین، کاهش قابل‌توجه مصرف آب طی فرایندهای ضدعفونی و امکان استفادهٔ آن برای طیف وسیعی از محصولات غذایی، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (۱۵). تحقیق حاضر، از منظر به‌کارگیری فناوری پلاسمای سرد در نگهداری میوه‌های گرانبها و اهمیت و ضرورت تحقیق کاهش ضایعات در طی نگهداری و انبارداری، دارای نوآوری است.

روش کار

در این تحقیق، گواوا توسرخ تهیه شده از استان سیستان و بلوچستان با متوسط وزن ۱۱۰ گرم و با شرایط محیطی کاشت و برداشت و آلودگی یکسان، محیط کشت میکروبی DG18[1] (مرک، آلمان)، سوش میکروبی *آسپرژیلوس نایجر* تهیه شده از مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران تهیه و مورد استفاده قرار گرفتند. برای تهیه کشت‌های اولیه و ذخیره از *آسپرژیلوس نایجر*، از محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار[2] در تشتک‌های سترون یکبار مصرف و کشت‌های شیب‌دار، استفاده شد. ابتدا یک سوسپانسیون از پودر لیوفیلیزه *آسپرژیلوس نایجر* در ۲ میلی‌لیتر آب مقطر استریل، تهیه گردید. از این سوسپانسیون به‌عنوان مایه تلقیح برای تهیه کشت‌های ذخیره استفاده شد. با استفاده از سویه قارچی *آسپرژیلوس نایجر* گواوا توسرخ را با رقت 10^4 کلنی در هر گرم از گواوا آلوده شده و گواوا توسرخ آلوده شده با سویه باکتریایی را برای تصدیق وجود باکتری مورد آزمون میکروبی قرار گرفت و پس از آن گواوا توسرخ را مورد آزمون میکروبی در آزمایشگاه شرکت بهار نیکو گستران و آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و شیمیایی در پژوهشگاه مهندسی شیمی ایران از روز اول تا روز بیست و هشتم به‌صورت هفتگی مورد بررسی و آزمون در ۳ تکرار قرار گرفتند. گواوای آلوده شده به *آسپرژیلوس نایجر* در دستگاه پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت‌زمان‌های ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰، ۶۰۰، ۷۵۰، ۹۰۰، ۱۰۵۰ و ۱۲۰۰ ثانیه در معرض پلاسمای سرد (تنظیمات دستگاه پلاسمای سرد شامل: فاصله الکترودها از یکدیگر برابر ۹۲۰ میلی‌متر از یکدیگر قرار گرفت و فرکانس ۸ کیلووات و قدرت الکتریکی ۸ وات بود) در پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران، قرار گرفتند؛ و پس از قرارگیری تیمارهای گواوا در معرض پلاسمای سرد با گاز آرگون در روزهای اول، چهاردهم و بیست و هشتم با نگهداری در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد، مورد ارزیابی آزمون میکروبی و شیمیایی قرار گرفته‌اند.

آزمون شمارش کپک‌های هوازی و بی‌هوازی

ابتدا یک گرم نمونه گواوا را در زیر هود میکروبی وزن نموده و در ۱۰ سی‌سی محلول رینگر حل شده، سپس به

[1] Dichloran %18 Glycerol
[2] Potato Dextrose Agar

روش شمارش کلی[1]، یک سری ۶ تایی لوله حاوی آب مقطر استریل با افزودن ۱ میلی‌لیتر از نمونه به لوله شماره (۱۶)، سریال رقت تهیه گردید و در محیط کشت DG18 به‌صورت پورپلیت دو لایه در جار بی‌هوازی کشت داده شد. سپس در آون خلأ ۳۷ درجه سانتی‌گراد و با استفاده از گاز پک به مدت ۷۲ ساعت جهت شمارش کپک‌های هوازی و بی‌هوازی اختیاری، در پلیت‌های چندقسمتی نگهداری شد. از دستگاه کلنی کانتر، برای شمارش تعداد کپک استفاده شد (۱۷، ۱۸).

سفتی پوست و ساختار گواوا توسرخ

سفتی بافت میوه با دستگاه مگنیس تیلور[2] اندازه‌گیری شد. آزمون نفوذسنجی (پنترومتری): سختی بافت میوه‌ها، نیروی موردنیاز برای فروکردن پروب در گوشت میوه می‌باشد و توسط دستگاه آنالیز کننده بافت[3] که بیشترین نیروی مقاومت‌کننده در مقابل نفوذ را برحسب نیوتن نشان می‌دهد اندازه‌گیری شد. برای هر تیمار از ۱۰ میوه، استفاده شد (۱۹).

آزمون اندازه‌گیری pH

آزمایش pH با دستگاه لاموته آمریکایی[4] انجام شد و دستگاه pH متر به ترتیب توسط محلول بافر با pH معادل ۷ و همچنین محلول بافر با pH معادل۴ کالیبره شده و سپس، مقداری نمونه را در یک بشر خشک و تمیز ریخته شده و الکترود دستگاه pH متر درون آن قرار گرفت و پس از گذشت مدت‌زمان اندک دمای pH متر با توجه به دمای نمونه تنظیم گردیده و پس از ثابت شدن عدد، pH نمونه قرائت شد (۲۰).

بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی گواوا توسرخ با استفاده از محلول DPPH[5]

گواوا توسرخ به اضافه ۲ میلی‌لیتر از محلول رادیکالی DPPH با غلظت ۱۵ درصد میلی‌مول بر لیتر مخلوط گردید و به‌منظور رقیق شدن نمونه برای قرارگیری در محدوده خطی جذب مقدار ۲ میلی‌لیتر متانول به مخلوط اضافه شد و پس از ۴۵ دقیقه قرار گرفتن در تاریکی، جذب در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر، قرار گرفت. برای محاسبه درصد مهارکنندگی عصاره از رابطه مربوطه استفاده شد. برای به دست آمدن میزان جذب محلول DPPHنمونه با ترکیب ۲ میلی‌لیتر از متانولی رادیکال DPPH با ۳ میلی‌لیتر متانول خالص، استفاده شد (۲۱).

آزمون‌های حسی

آزمون ارزیابی حسی به‌صورت رندم و تصادفی بین ۲۰ نفر افراد دارای تخصص انجام شده است. نحوه محاسبه ارزیابی حسی با استفاده از مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای بر اساس میزان پذیرش رنگ، بافت و مقبولیت ذهنی اساساً ۹ درجه در نظر گرفته شد (خیلی کم=۱، ضعیف=۳، خوب (در حد بازاریابی)=۵، بسیار خوب=۷ و عالی=۹) محاسبه شد به‌طورکلی عدد یک کمترین و عدد ۹ بیشترین مطلوبیت را داشت (۲۲).

تجزیه‌وتحلیل اطلاعات

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به‌صورت آزمایشگاهی بود که به‌صورت کاملاً تصادفی از نوع مقادیر تکرارشونده می‌باشد در جهت تشخیص کاملاً معنادار بودن ($p<۰/۰۱$) یا معنادار بودن ($p<۰/۰۵$)، عدم‌تشخیص معنی‌دار بودن ($p>۰/۰۵$) از تجزیه واریانس دوطرفه[6] و مقایسه میانگین‌ها با آزمون برای تیمار که شامل نمونه گواوا آلوده شده به *آسپرژیلوس نایجر* و گواوا شاهد و استفاده از ۸ زمان تحت اثر پلاسمای سرد با گاز آرگون بر گواوا توسرخ در سه تکرار، صورت گرفت.

نتایج

بررسی نتایج آزمون تیمار گواوا

تیمارهای گواوا به شرح ذیل می‌باشد: T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، Pat2 ۳۰۰ ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه.

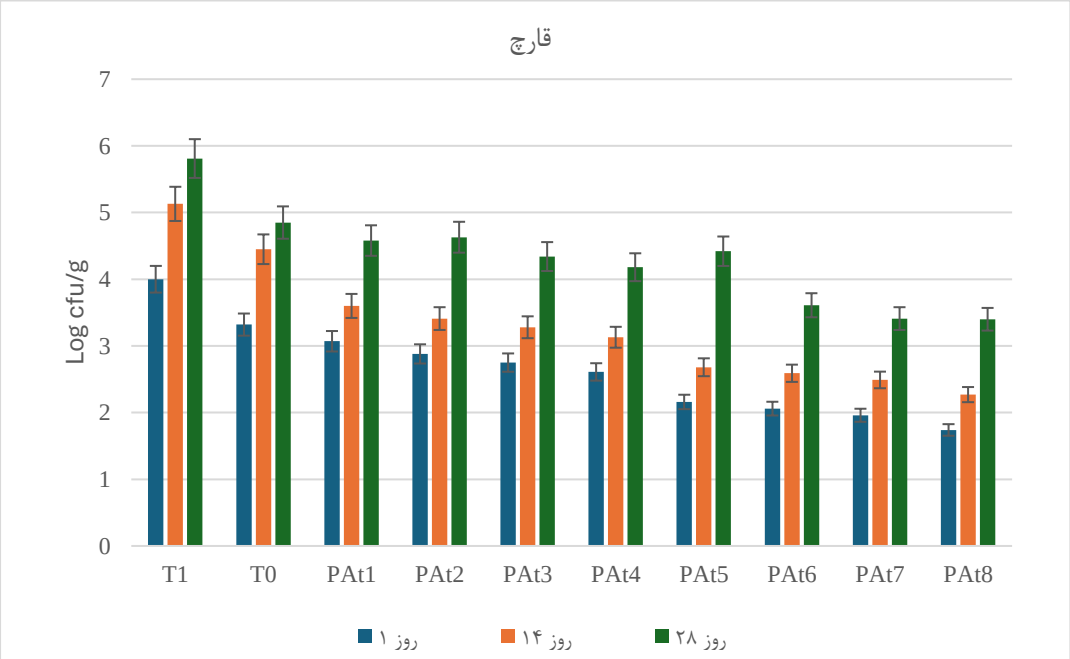
[1] Colony-forming unit
[2] Magness tailor
[3] Magness tailor or TR-Faccini
[4] Lamotte
[5] Diphenyl picrylhydrazyl
[6] Two-way Anova

جدول ۱- مقایسه کپک *آسپرژیلوس نایجر* Log CFU/g گواوا تحت تیمار پلاسما با گازهای آرگون از روز اول تا روز ۲۸

تیمار	روز۱	روز ۱۴	روز ۲۸
T0	۳/۳۲±۰/۰۲۵^{b}	۴/۴۵±۰/۰۵۳^{b}	۴/۸۵ ± ۰/۰۱^{b}
T1	۴ ± ۰/۰۰۶^{a}	۵/۱۳ ±۰/۰۱۲^{a}	۵/۸۱ ±۰/۰۳۹^{a}
PAt1	۳/۰۷±۰/۰۴۵^{c}	۳/۶±۰/۰۳۳^{c}	۴/۵۸±۰/۰۳۱^{c}
PAt2	۲/۸۸±۰/۰۱۴^{d}	۳/۴۱±۰/۰۰۷^{d}	۴/۶۳±۰/۰۱۱^{d}
PAt3	۲/۷۵±۰/۰۰۳^{e}	۳/۲۸±۰/۰۴۷^{e}	۴/۳۴±۰/۰۰۵^{e}
PAt4	۲/۶۱±۰/۰۲۹^{f}	۳/۱۳±۰/۰۲۹^{f}	۴/۱۸±۰/۰۱۸^{f}
PAt5	۲/۱۶±۰/۰۴^{j}	۲/۶۸±۰/۰۱۷^{j}	۳/۴۲±۰/۰۳۲^{h}
PAt6	۲/۰۶±۰/۰۰۴^{h}	۲/۵۹±۰^{h}	۳/۶۱±۰/۰۳۶^{g}
PAt7	۱/۹۶±۰/۰۴۳^{i}	۲/۴۹±۰/۰۱۶^{i}	۳/۴۱±۰/۰۲۲^{h}
PAt8	۱/۷۴±۰/۰۴۹^{j}	۲/۲۷±۰/۰۰۵^{j}	۳/۴±۰/۰۲۸^{h}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معناداری ندارند (P>۰/۰۵).

(T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، Pat2 ۳۰۰ ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه).



شکل ۲- مقایسه قارچ *آسپرژیلوس نایجر* Log CFU/g گواوا تحت تیمار پلاسما با گازهای آرگون از روز اول تا روز بیست و هشتم.

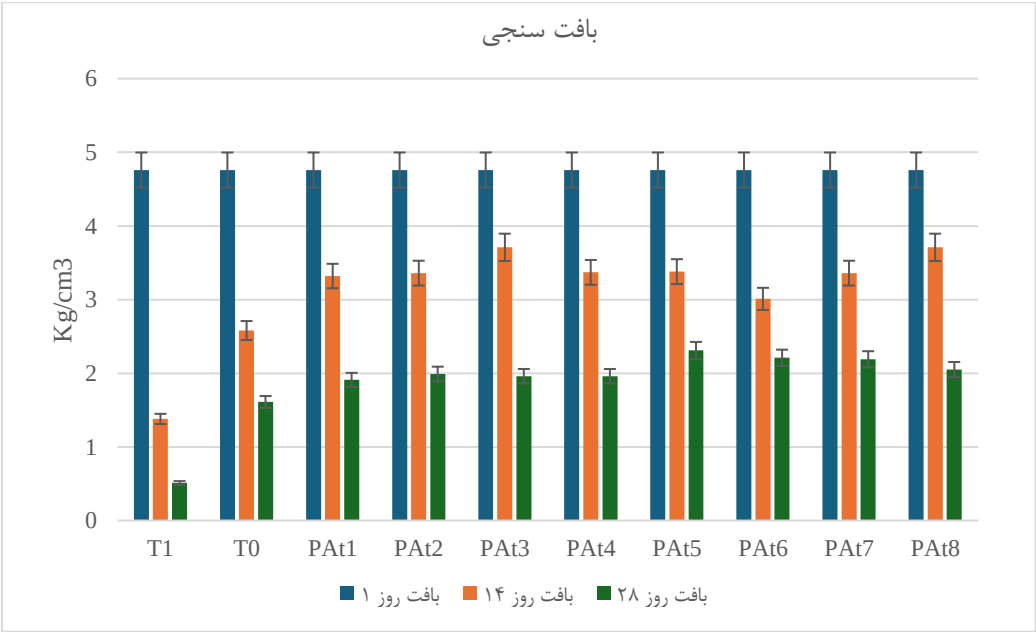
(T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، Pat2 ۳۰۰ ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه).

جدول ۲- مقایسه بافت (Kg/cm^3) گواوا تحت تیمار پلاسما با گازهای آرگون از روز اول تا روز بیست و هشتم

تیمار	روز ۱	روز ۱۴	روز ۲۸
T0	۴/۷۶ ±۰/۱۶۵^{a}	۲/۵۸ ± ۰/۰۴^{d}	۱/۶۱ ±۰/۰۱۵^{g}
T1	۴/۷۶ ± ۰/۱۶۵^{a}	۱/۳۸ ± ۰/۰۳^{e}	۰/۵۱ ± ۰/۰۴^{h}
PAt1	۴/۷۶ ± ۰/۱۶۵^{a}	۳/۳۲ ± ۰/۱۴^{b}	۱/۹۱ ±۰/۱۶۵^{f}
PAt2	۴/۷۶ ± ۰/۱۶۵^{a}	۳/۳۶ ± ۰/۱۴^{b}	۱/۹۹ ±۰/۱۹۵^{d}
PAt3	۴/۷۶ ± ۰/۱۶۵^{a}	۳/۷۱ ± ۰/۱۲^{a}	۱/۹۶ ± ۰/۰۸^{e}
PAt4	۴/۷۶ ± ۰/۱۶۵^{a}	۳/۳۷ ±۰/۰۴۵^{b}	۱/۹۶ ± ۰/۱۵^{e}
PAt5	۴/۷۶ ± ۰/۱۶۵^{a}	۳/۳۸ ±۰/۱۴۵^{b}	۲/۳۱ ± ۰/۱۴^{a}
PAt6	۴/۷۶ ± ۰/۱۶۵^{a}	۳/۰۱ ± ۰/۱۵^{c}	۲/۲۱ ±۰/۰۰۵^{b}
PAt7	۴/۷۶ ± ۰/۱۶۵^{a}	۳/۳۶ ± ۰/۲۲^{b}	۲/۱۹ ±۰/۱۷۵^{b}
PAt8	۴/۷۶ ± ۰/۱۶۵^{a}	۳/۷۱ ±۰/۰۶۵^{a}	۲/۰۵ ±۰/۲۱۵^{c}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معناداری ندارند (P>۰/۰۵).

(T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، Pat2 ۳۰۰ ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه).



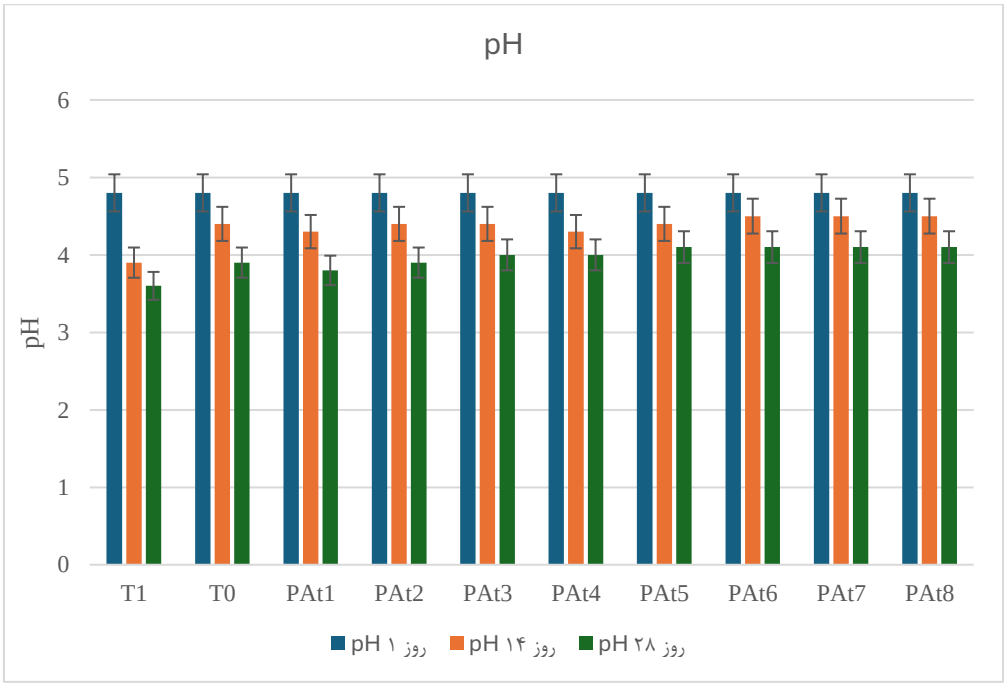
شکل ۳- مقایسه بافت (Kg/cm^3) گواوا تحت تیمار پلاسما با گازهای آرگون از روز اول تا روز بیست و هشتم. (T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، Pat2 ۳۰۰ ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه).

جدول ۳- مقایسه pH گواوا تحت تیمار پلاسما با گازهای آرگون از روز اول تا روز بیست و هشتم

تیمار	روز ۱	روز ۱۴	روز ۲۸
T0	۴/۸ ± ۰/۱^{a}	۴/۴ ± ۰/۱^{a}	۳/۹ ± ۰^{c}
T1	۴/۸ ± ۰/۱^{a}	۳/۹ ± ۰/۱^{c}	۳/۶ ± ۰/۱^{e}
PAt1	۴/۸ ± ۰/۱^{a}	۴/۳ ± ۰/۲^{b}	۳/۸ ± ۰/۲^{d}
PAt2	۴/۸ ± ۰/۱^{a}	۴/۴ ± ۰/۲^{a}	۳/۹ ± ۰/۱^{c}
PAt3	۴/۸ ± ۰/۱^{a}	۴/۴ ± ۰^{a}	۴ ± ۰^{b}
PAt4	۴/۸ ± ۰/۱^{a}	۴/۳ ± ۰^{d}	۴ ± ۰/۱^{b}
PAt5	۴/۸ ± ۰/۱^{a}	۴/۴± ۰/۲^{b}	۴/۱ ± ۰/۲^{a}
PAt6	۴/۸ ± ۰/۱^{a}	۴/۵± ۰/۱^{a}	۴/۱ ± ۰^{a}
PAt7	۴/۸ ± ۰/۱^{a}	۴/۵ ± ۰/۱^{a}	۴/۱ ± ۰/۱^{a}
PAt8	۴/۸ ± ۰/۱^{a}	۴/۵ ± ۰^{a}	۴/۱ ± ۰/۱^{a}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معناداری ندارند (P>۰/۰۵).

(T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون بـه مـدت ۱۵۰ ثانیـه، ۳۰۰Pat2 ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه).



شکل ۴- مقایسه pH گواوا تحت تیمار پلاسما با گازهای آرگون از روز اول تا روز ۲۸. (T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، ۳۰۰Pat2 ثانیـه، Pat3 ۴۵۰ ثانیـه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه)

جدول ۴- مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی گواوا تحت تیمار پلاسما با گازهای آرگون از روز اول تا روز بیست و هشتم

تیمار	فعالیت آنتی‌اکسیدانی
T0	۵۲ ± ۰/۳^{d}
T1	۴۶ ± ۰/۲^{e}
PAt1	۵۲ ± ۰^{d}
PAt2	۵۲ ± ۰/۲^{d}
PAt3	۵۳ ± ۰^{c}
PAt4	۵۳ ± ۰/۱^{c}
PAt5	۵۳ ± ۰/۳^{c}
PAt6	۵۴ ± ۰/۲^{b}
PAt7	۵۴ ± ۰/۱^{b}
PAt8	۵۵ ± ۰/۱^{a}

مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معناداری ندارند (P>۰/۰۵).

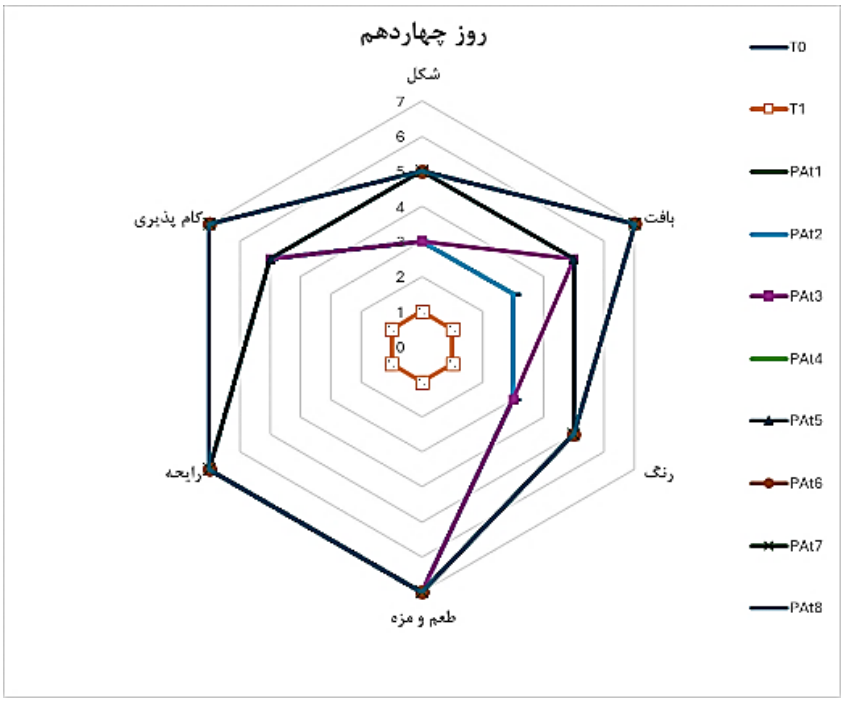
(T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، Pat2 ۳۰۰ ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه)

جدول ۵- آنالیز واریانس اثر بر روی تیمار گواوا در اثر پلاسمای سرد با گاز آرگون

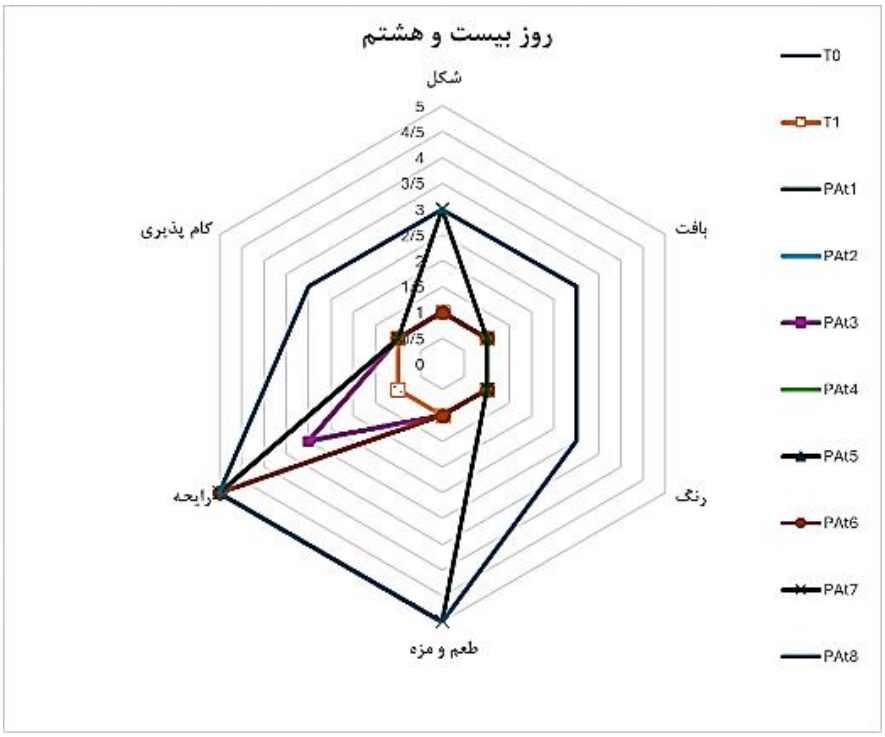
شرح	منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F-Value	P-Value
لگاریتم کپک	زمان	۱	۱/۶۶۲۰۵	۱/۶۶۲۰۵	۴۶۷/۳۲**	۰/۰۰۰
	خطا	۶	۰/۰۲۱۳۴	۰/۰۰۳۵۶		
	کل	۷	۱/۶۸۳۳۹			
میانگین بافت	زمان	۱	۰/۰۴۱۱۱	۰/۰۴۱۱۰۹	۲۳/۵۷**	۰/۰۰۳
	خطا	۶	۰/۰۱۰۴۶	۰/۰۰۱۷۴۴		
	کل	۷	۰/۰۵۱۵۷			
میانگین pH	زمان	۱	۰/۰۱۸۸۶۰	۰/۰۱۸۸۶۰	۴۹/۴۰**	۰/۰۰۰
	خطا	۶	۰/۰۰۲۲۹۰	۰/۰۰۰۳۸۲		
	کل	۷	۰/۰۲۱۱۵۰			
میانگین درصد DPPH	زمان	۱	۶/۸۸۱۰	۶/۸۸۱۰	۶۶/۶۹**	۰/۰۰۰
	خطا	۶	۰/۶۱۹۰	۰/۱۰۳۲		
	کل	۷	۷/۵۰۰۰			

علامت ** نشان‌دهنده تفاوت کاملاً معنی‌دار (p<۰/۰۱)

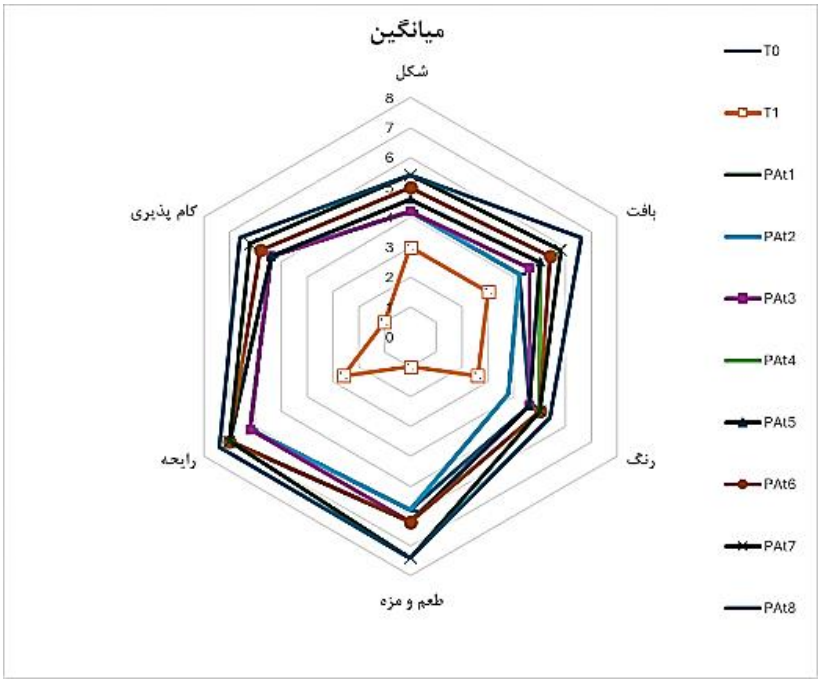
شکل ۵- بررسی شاخص‌های حسی از روز اول تا روز بیست و هشتم. گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون روز اول.
(T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، Pat2 ۳۰۰ ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه)



شکل ۶- بررسی شاخص‌های حسی از روز اول تا روز بیست و هشتم. گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون روز چهاردهم.
(T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، Pat2 ۳۰۰ ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه)



شکل ۷- بررسی شاخص‌های حسی از روز اول تا روز بیست و هشتم. گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون روز بیست و هشتم. (T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، Pat2 ۳۰۰ ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه)

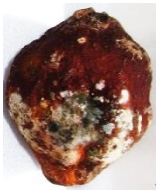


شکل ۸- بررسی شاخص‌های حسی از روز اول تا روز بیست و هشتم. گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون میانگین ۲۸ روز (T1 گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*، T0 گواوا شاهد، Pat1 گواوا تحت تیمار پلاسمای سرد با گاز آرگون به مدت ۱۵۰ ثانیه، Pat2 ۳۰۰ ثانیه، Pat3 ۴۵۰ ثانیه، Pat4 ۶۰۰ ثانیه، Pat5 ۷۵۰ ثانیه، Pat6 ۹۰۰ ثانیه، Pat7 ۱۰۵۰ ثانیه، Pat8 ۱۲۰۰ ثانیه)

جدول ۶- آنالیز واریانس اثر شاخص حسی بر روی تیمار گواوا در اثر پلاسمای سرد با گاز آرگون

شرح	منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F-Value	P-Value
میانگین شکل	زمان	۱	۱/۶۸۰۰	۱/۶۸۰۰۰	۶۳/۰۰**	۰/۰۰۰
	خطا	۶	۰/۱۶۰۰	۰/۰۲۶۶۷		
	کل	۷	۱/۸۴۰۰			
میانگین بافت	زمان	۱	۴/۴۰۳۸	۴/۴۰۳۸۱	۸۳/۵۷**	۰/۰۰۰
	خطا	۶	۰/۳۱۶۲	۰/۰۵۲۷۰		
	کل	۷	۴/۷۲۰۰			
میانگین رنگ	زمان	۱	۱/۹۲۸۶	۱/۹۲۸۵۷	۲۵/۶۳**	۰/۰۰۲
	خطا	۶	۰/۴۵۱۴	۰/۰۷۵۲۴		
	کل	۷	۲/۳۸۰۰			
میانگین طعم و مزه	زمان	۱	۲/۱۹۴۳	۲/۱۹۴۳	۱۹/۲۰**	۰/۰۰۵
	خطا	۶	۰/۶۸۵۷	۰/۱۱۴۳		
	کل	۷	۲/۸۸۰۰			
میانگین رایحه	زمان	۱	۱/۳۰۳۸	۱/۳۰۳۸۱	۲۸/۳۲**	۰/۰۰۲
	خطا	۶	۰/۲۷۶۲	۰/۰۴۶۰۳		
	کل	۷	۱/۵۸۰۰			
میانگین کام‌پذیری	زمان	۱	۱/۱۰۱۰	۱/۱۰۰۹۵	۱۵/۷۶**	۰/۰۰۷
	خطا	۶	۰/۴۱۹۰	۰/۰۶۹۸۴		
	کل	۷	۱/۵۲۰۰			

علامت ** نشان‌دهنده تفاوت کاملاً معنی‌دار ($p<0/01$)

روز اول	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم
					

شکل ۹- تغییرات گواوا از روز اول تا هفته پنج تیمار گواوا آلوده شده با *آسپرژیلوس نایجر*

روز اول	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم

شکل ۱۰- تغییرات گواوا از روز اول تا هفته پنج تیمار گواوا با پلاسما با گاز آرگون

بحث

در دو دهه اخیر، فناوری‌های فرآوری غیرحرارتی توجه گسترده‌ای را از سوی صنایع غذایی که علاقه‌مند به فرآیندهای ملایم و مؤثر هستند، به خود جلب کرده است. این فناوری‌های جایگزین ممکن است عملکرد و ماندگاری را افزایش داده و تأثیر منفی بر مواد مغذی غذا و طعم طبیعی را کاهش دهند. تازگی این فناوری در تطبیق‌پذیری تولید و کاربرد آن (پلاسمای مستقیم یا غیرمستقیم، آب تصفیه شده با پلاسما، پوشش‌های کاربردی و غیره) مورد استفاده قرار گرفته است، زیرا ویژگی‌های کیفی محصولات غذایی تحت تأثیر منفی قرار نگرفته است (۲۳). فناوری پلاسمای سرد با فشار اتمسفر به‌عنوان یک روش غیرحرارتی برای غلبه بر معایب روش‌های غیرفعال‌سازی حرارتی، ظهور کرده است (۲۴). پژوهش‌های اخیر نشان داده است روش پلاسمای سرد می‌تواند میکروارگانیسم‌ها را مهار کند، آنزیم‌های فسادزا را غیرفعال کند، ماندگاری را بهبود بخشد و همچنین خواص فیزیکی و شیمیایی و ترکیبات زیست‌فعال موادغذایی را حفظ کند (۲۵). مسئله مهمی که دانش پلاسما را متمایز کرده، نتایج مشترک حاصل از بررسی مطالعات، تحقیقات، گزارشات و نتایج فعالیت‌ها در حوزه‌ها و صنایع مختلف است که نشان داده که اولاً پلاسمای غیرحرارتی قادر است، انواع گونه‌های فعال مانند رادیکال هیدروکسیل، ازون، پراکسید هیدروژن و غیره را تولید کند. دوماً، پلاسما به‌عنوان یک فناوری سبز شناخته شده است، زیرا در هر حوزه‌ای که وارد می‌شود زیست‌سازگار و دوست‌دار محیط‌زیست معرفی می‌گردد. سوم آنکه در اکثر حوزه‌ها به‌کارگیری این روش در کل فرایند، اقتصادی و مقرون‌به‌صرفه است. لازم به ذکر است قطعات و تجهیزات موردنیاز برای تولید چشمه پلاسمای سرد در داخل کشور موجود و قابل خریداری است (۲۶). در تحقیقی دیگر در خصوص با پلاسمای سرد، علاوه بر از بین بردن میکروارگانیسم‌ها و سموم از خوراک و موادغذایی کاربردهای دیگر در صنایع غذایی دارند از آماده‌سازی تا بسته‌بندی منجر به حفظ ارزش غذایی و رنگ و طعم تخریب مواد سمی، آلرژی‌ها و بقایای سموم دفع آفات می‌شوند (۲۷). کارایی پلاسمای دمای پایین، برای غیرفعال کردن قارچ‌ها روی آجیل از قبل شناخته شده است. پلاسما با استفاده از هوای محیط در سطح بادام‌زمینی هیچ تغییر نامطلوب مشاهده نشد. در فندق تغییرات متوسطی عمدتاً در مناطق متعلق به لیپیدها ثبت شد (۲۸). جدول (۱)، نشان‌دهنده لگاریتم تعداد کپک در میوه گواوا تحت تأثیر تیمارهای مختلف در روزهای ۱، ۱۴ و ۲۸ است. تیمارT0: این گروه با مقدار ۳/۳۲ Log CFU/g در روز ۱ و ۴/۸۵ Log CFU/g در روز بیست و هشتم که نشان‌دهنده رشد مستمر کپک بدون هیچ‌گونه مداخله‌ای می‌باشد. تیمار T1 دارای بالاترین تعداد کپک در هر سه روز است، در این تیمار لگاریتم کپک به شدت افزایش یافته است که نشان‌دهنده رشد و تکثیر *آسپرژیلوس نایجر* در آن می‌باشد. در تیمارPAt1 لگاریتم تعداد کپک از ۳/۷ Log CFU/g در روز اول به ۴/۵۸ Log CFU/g در روز ۲۸ افزایش می‌یابد و در مقایسه با تیمار T1 و T0 دارای کاهش می‌باشد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت پلاسمای سرد است. تیمار PAt2 مؤید اثر حفاظتی این تیمار است، در تیمار PAt5 کاهش قابل‌توجهی در تعداد کپک‌ها را نشان می‌دهند. دو تیمار PAt6 وPAt7 به طرز معناداری کاهش تعداد کپک را نشان می‌دهند تیمارPAt7 با ۳/۴۱ Log CFU/g در روز ۲۸ ازنظر کنترل رشد کپک، موفق عمل کرده است. تیمار PAt8 با ثبت کمترین مقدار (۴/۳) Log CFU/g در روز ۲۸، به‌عنوان بهترین تیمار شناسایی شد که نشان‌دهنده کارایی بالای پلاسمای سرد در کنترل رشد کپک است. روند کاهشی در لگاریتم تعداد کپک در تیمارهای PAt1 تا PAt8 به‌ویژه PAt8 نشان‌دهنده تأثیر مثبت پلاسمای سرد بر جلوگیری از رشد کپک است. این کاهش در بار میکروبی به دلیل ویژگی‌های ضدعفونی‌کننده پلاسمای سرد با افزایش مدت‌زمان تیمار و کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو در میوه گواوا است. جدول شماره (۲)، نشان‌دهنده داده‌های مربوط به آزمون بافت میوه گواوا تحت تأثیر تیمارهای مختلف در روزهای ۱، ۱۴ و ۲۸ ارائه شده‌اند. این داده‌ها اطلاعاتی در مورد تغییرات بافت میوه‌ها در طول زمان و تأثیر تیمارهای مختلف بر روی کیفیت بافت ارائه می‌دهند. در تیمار T0 بافت میوه در روز ۱ با مقدار ۴/۶۷ Kg/cm^3 در بهترین حالت است، اما در روز بیست و هشتم به ۱/۶۱ Kg/cm^3

کاهش یافته است. این یافته نشان‌دهنده کاهش قابل‌توجهی در کیفیت بافت میوه‌های گواوا شاهد است. تیمار T1 مشابه T0، در روز اول مقدار بافت ۴/۶۷ Kg/cm^3 است، اما در روز ۱۴ به ۱/۳۸ Kg/cm^3 و در روز بیست و هشتم به ۰/۵۸ Kg/cm^3 کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده اثر منفی قابل‌توجهی بر بافت میوه گواوا می‌باشد. تیمارهای Pat2 و PAt1 این تیمار توانسته است کیفیت بافت را بهتر از T1 و T0 حفظ کند. تیمار PAt3 دارای مقدار ۳/۷۱ Kg/cm^3 در روز چهاردهم و ۱/۹۶ Kg/cm^3 در روز بیست و هشتم که کیفیت بافت خوبی را نشان می‌دهد. تیمارهای PAt4 و PAt5 این تیمارها نیز نتایج قابل قبولی دارند، به‌خصوص PAt5 که در روز بیست و هشتم مقدار ۲/۳۱ Kg/cm^3 دارد و نشان‌دهنده حفظ کیفیت بالای بافت است. تیمارهای PAt6 و PAt7 و PAt8 بافت میوه‌ها در این نشان‌دهنده تأثیر مثبت این تیمارها بر حفظ بافت میوه‌ها است. با نگاهی به روند تغییرات بافت در تمامی تیمارها، مشاهده می‌شود که با افزایش مدت‌زمان پلاسما، کیفیت بافت به‌طورکلی بهبود می‌یابد. بااین‌حال، تیمارهای PAt1 تا PAt8 به‌ویژه PAt5 و PAt6 موفق به حفظ کیفیت بافت بهتری نسبت به گروه کنترل و T1 شده‌اند. این نشان‌دهنده این است که پلاسمای سرد تأثیر مثبتی بر حفظ کیفیت بافت میوه‌ها دارد. جدول (۳)، نشان‌دهنده داده‌های مربوط به pH میوه گواوا تحت تأثیر تیمارهای مختلف در روزهای ۱، ۱۴ و ۲۸ نشان‌دهنده تغییرات pH در طول زمان هستند. تیمار T0 در روز اول برابر با ۴/۸ است و در روز بیست و هشتم به ۳/۹ کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده کاهش قابل‌توجه pH و افزایش اسیدیته میوه در طول زمان است. تیمار T1 نیز از pH معادل ۴/۸ در روز اول به pH معادل ۳/۶ در روز بیست و هشتم کاهش یافته که نشان‌دهنده افزایش اسیدیته و کاهش کیفیت pH میوه است. تیمار PAt1 این تیمار در روز چهاردهم برابر با pH معادل ۳/۴ و در روز بیست و هشتم به pH معادل ۳/۸ کاهش می‌یابد. این تیمار نسبت به T0، حفظ pH بهتری را نشان می‌دهد. تیمار PAt2 مشابه PAt1 ، pH در روز چهاردهم برابر با ۴/۴ و در روز ۲۸ به pH معادل ۳/۹ کاهش می‌یابد. در تیمارهای PAt3 و PAt4 در روز بیست و هشتم pH معادل ۴ را حفظ کرده و به‌طور مؤثری pH میوه را در مقایسه با T0 و T1 حفظ می‌کنند. تیمار PAt5 در روز بیست و هشتم با pH معادل ۴/۱ نشان‌دهنده موفقیت این تیمار در بهبود کاهش اسیدیته و حفظ pH است. در تیمارهای PAt6، PAt7 و PAt8 نیز pH معادل ۴/۱ را در روز بیست و هشتم نشان می‌دهند که به‌خوبی کیفیت pH را حفظ کرده‌اند. به‌طورکلی، pH گواوا در طول زمان کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده افزایش اسیدیته است. بااین‌حال، تیمارهای PAt1 تا PAt8 نسبت به کنترل و T1 در حفظ pH میوه موفق‌تر عمل کرده‌اند. این تأثیر مثبت می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسیداتیو و حفظ ترکیبات شیمیایی میوه گواوا باشد. جدول (۴)، نشان‌دهنده داده‌های مربوط به درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی(DPPH%) میوه گواوا تحت تأثیر تیمارهای مختلف نشان‌دهنده تأثیر پلاسمای سرد بر حفظ خواص آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها است. تیمار T0 درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی برابر با ۵۲ درصد است که نشان‌دهنده یک سطح پایه از فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه است. تیمار T1 با درصد ۴۶، کاهش قابل‌توجهی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به T0 نشان می‌دهد که به دلیل کاهش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی یا آسیب‌های اکسیداتیو توسط *آسپرژیلوس نایجر* در این تیمار باشد. در تیمارهای PAt1 و PAt2 با درصد ۵۲ درصد مشابه T0، نشان‌دهنده حفظ سطح آنتی‌اکسیدانی مطابق با میوه گواوا شاهد است. در تیمارهای PAt3 و PAt4 هرکدام با ۵۳ درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی بهتری نسبت به T1 دارند. تیمار PAt5 مشابه PAt3 و PAt4، با ۵۳ درصد حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی مطلوبی را نشان می‌دهد. در تیمارهای PAt6 و PAt7 با ۵۴ درصد، نشان‌دهنده بهبود اندکی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به گروه T0 هستند. تیمار PAt8 با ۵۵ درصد، بالاترین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی را دارد و به‌عنوان بهترین تیمار، شناسایی شد. به‌طورکلی، تیمارهای PAt1 تا PAt8 توانسته‌اند به‌خوبی درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های گواوا را حفظ کنند. به‌ویژه، تیمار PAt8 نشان‌دهنده بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی است که می‌تواند نشان‌دهنده اثر مثبت پلاسمای سرد بر حفظ ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در گواوا باشد. مطابق با تغییرات کاهش لگاریتم کپک در تحقیق مشابهی نشان داده شد که پلاسمای سرد منجر به کاهش بار میکروبی

باکتری‌های مزوفیل هوازی می‌شود؛ و این کاهش معنی‌دار در شمارش باکتری‌ها است و همچنین پلاسما تأثیر مثبت بر خصوصیات و حفظ کیفیت خرما داشته است (۲۹).

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که استفاده از پلاسمای سرد با گاز آرگون به‌طور مؤثری می‌تواند تعداد کپک‌ها در میوه‌های گواوا را کاهش دهد و عمر ماندگاری آن‌ها را افزایش دهد. رابطه معنی‌دار بین زمان تیمار و کاهش کپک، اهمیت این روش را در صنعت نگهداری میوه به‌عنوان یک راهکار نوین تأیید می‌کند. تیمار PAt8 به‌عنوان بهترین روش کنترل کپک شناسایی شد و می‌تواند به توسعه روش‌های بهینه‌سازی نگهداری میوه‌ها و کاهش ضایعات غذایی کمک کند. علاوه بر این، استفاده از پلاسمای سرد تأثیر مثبتی بر حفظ کیفیت بافت، pH و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های گواوا دارد. به‌ویژه، تیمارهای PAt5 و PAt8 به‌عنوان بهترین گزینه‌ها برای کنترل تغییرات بافت و حفظ ارزش غذایی معرفی شدند. این نتایج می‌توانند به توسعه روش‌های نوین در صنایع غذایی و بهبود کیفیت محصولات کمک کنند. بااین‌حال، این تحقیق محدودیت‌هایی نیز دارد؛ ازجمله نیاز به بررسی اثرات بلندمدت و اقتصادی این روش‌ها در مقیاس صنعتی. به‌علاوه، مطالعات بیشتری در مورد تأثیرات مختلف پلاسمای سرد بر روی انواع میوه‌ها و شرایط نگهداری مختلف ضروری است. درنهایت، این تحقیق می‌تواند به‌عنوان نقطه شروعی برای پژوهش‌های آتی در زمینه نگهداری میوه‌ها و افزایش ارزش غذایی آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

مطالعه حاضر در شرکت بهار نیکو گستران و پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران انجام شده است و بدین‌وسیله از رئیس و کلیه کارشناسان محترم واحدهای مذکور، ریاست و کارمندان محترم پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا، تشکر و قدردانی می‌گردد.

حمایت مالی

کلیه هزینه‌های آزمون‌ها و تحقیق و بررسی از هزینه شخصی محققان می‌باشد.

References

1. Donglu F, Wenjian Y, Kimatu BM, Mariga AM, Liyan Z, Xinxin A, Qiuhui H. Effect of nanocomposite-based packaging on storage stability of mushrooms (*Flammulina velutipes*). Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2016;33, 489-497.
2. Otoni CG, Avena-Bustillos RJ, Azeredo HM, Lorevice MV, Moura MR, Mattoso LH, McHugh TH. Recent advances on edible films based on fruits and vegetables—a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2017; 16(5), 1151-1169.
3. Campus M, Değirmencioğlu N, Comunian R. Technologies and trends to improve table olive quality and safety. Frontiers in microbiology. 2018 Apr 4;9:617.
4. Siddig M, Ahmed J, Lobo MG, Ozadali F. Tropical and subtropical fruits: postharvest physiology, processing and packaging. Wiley Publishing. 2012; P. 637
5. Singh SP. Prospective and retrospective approaches to postharvest quality management of fresh Tropical Guava (*Psidium guajava* L.) fruit in supply chain. Fresh Produce. 2010; 4: 36 – 48.
6. Soares FD, Pereira T, Marques MOM, Monteiro AR. Volatile and nonvolatile chemical composition of the white Tropical Guava fruit (*Psidium guajava*) at different stages of maturity. Food Chemistry. 2007; 100: 15 – 21.
7. Ahmadi K, Qolizadeh H, Ebadzadeh H, Hatami F, Hosseinpour R, Abdshah H, Rezaei MM, Fazli Estebarq M. Agricultural Statistics, the third volume, horticultural products, Ministry of Agricultural Jihad, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center. 2015. [In Persian].
8. Madani B, Boroujerdnia M, Postharvest physiology of papaya. Research Archievments for field and Horticulture crop; 8(1):106-115. [In Persian]
9. Singh SP, Pal RK. Response of climacteric-type Tropical Guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-

MCP. Postharvest. Biology and Technology.2008; 47: 307– 314.
10. Perucca M. Introduction to plasma and plasma technology. Plasma technology for hyperfunctional surfaces: Food, Biomedical, and Textile Applications. 2010; 24:1-32.
11. Bianlu A, Shokri Yazni S, Shahabi Ghafarakhi I. Application of cold plasma in food packaging, Packaging science and art. 2021; 12(45):78-88. [In Persian]
12. Heydari M, Carbone K, Gervasi F, Parandi E, Rouhi M, Rostami O, Abedi-Firoozjah R, Kolahdouz-Nasiri A, Garavand F, Mohammadi R. Cold Plasma-Assisted Extraction of Phytochemicals: A Review. Foods ;2023; 12(17): 3181.
13. Schlüter O, Ehlbeck J, Hertel C, Habermeyer, M., Roth A, Engel KH, Eisenbrand G. Opinion on the use of plasma processes for treatment of foods. Molecular nutrition and food research.2013; 57(5): 920-927.
14. Fernandes FA, Rodrigues S. Cold plasma processing on fruits and fruit juices: A review on the effects of plasma on nutritional quality. Processes. 2021;9(12):2098.
15. Pasquali F, Stratakos AC, Koidis A, Berardinelli A, Cevoli C, Ragni L, Trevisani M. Atmospheric cold plasma process for vegetable leaf decontamination: A feasibility study on radicchio (red chicory, *Cichorium intybus* L.). Food control.2016; 60: 552-559.
16. Korachi M, Gurol C, Aslan N. Atmospheric plasma discharge sterilization effects on whole cell fatty acid profiles of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Electrostatics.2010; 68 (6): 508–512.
17. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Fruits and their products-measurement method of chemical and microbial properties. Iranian National Standard No. 12588.2010. [In Persian]
18. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Characteristics and test methods of fresh vegetable and other products - The colony count method (aerobic; mold and yeast colonies counting). Iranian National Standard No. 7635.2005. [In Persian]
19. Saberi L. The effect of bioactive coating of aloe vera with carboxymethyl cellulose for the preservation of button mushrooms, master's thesis, Tabriz University.2014 [In Persian]
20. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. pH measurement in fruit and vegetable products. Iranian National Standard No. 4404.1998. [In Persian]
21. Sethi Sh, Joshi A, Arora B, Bhowmik A, Sharma RR, Kumar P. Significance of FRAP, DPPH, and CUPRAC assays for antioxidant activity determination in apple fruit extracts. European Food Research and Technology.2020; 246: 591–598.
22. D'Aquino S, Continella A, Gentile A, Dai S, Deng Z, Palma A. Decay control and quality of individually film-wrapped lemons treated with sodium carbonate. Food Control.2020; 108: 106878.
23. Sainz-Garcia E, Alba-Elias F. Advances in the application of cold plasma technology in foods. Foods. 2023; 12: 1388.
24. Waghmare R. Cold plasma technology for fruit-based beverages: A review. Trends in Food Science Technology. 2021; 114: 60-69.
25. Lotfy K, Al-Qahtani SM, Al-Harbi NA, El-Absy KM, Bu Shulaybi FA, Alali SA, Mashtoly TA. Influence of non-thermal plasma on the quality and nutritional content of palm dates. Applied Sciences. 2022; 12: 8587.
26. Abdulahi Dargah M, Noha Khan M, Rafiei Sarmazdeh Z, Rezazadeh Azari F, Bey Mohammadi N, Bakhtiari M. Atmospheric cold plasma is a new method to remove pharmaceutical compounds from water. Journal of Nuclear Science and Technology. 2022; 100(2): 158-16. [In Persian]
27. Misra NN, Patil S, Moiseev T, Bourke P. In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries. Journal of Food Engineering. 2014; 125: 131-138.
28. Medvecka V, Mosovska S, Mikulajova A, Zahoranova A. Effect of atmospheric pressure cold plasma on the physiochemical characteristics and Fourier transform infrared spectroscopy analysis of hazelnuts and peanuts. International Journal of Food Engineering. 2023; 20(1):27-35.
29. Amir Mojahedi, M. Maqsoodi, H. Belwardi, M. Ganjavi, A. Taraz, M. The effect of atmospheric cold plasma processing on the microbial and organoleptic characteristics of Mozafati dates, Iran Biosystem Engineering, 2023;53(4): 327-340.

The effect of cold plasma with argon gas in increasing the shelf life of red guava fruit

Mahdi Pourhashemi[1], Mahnaz Hashemiravan[2*], Nazanin Zand[3], Alireza Shahab Lavasani

1- Ph.D. student, Department of Food Science and Technology, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

4- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.

*Corresponding author: m_hashemiravan@yahoo.com

Received: 13/10/2024, Accepted: 21/11/2024

Abstract

Cold plasma is an innovative technology in the food industry that has significant potential for extending the shelf life of fruits. This technology can effectively increase the longevity of fruits due to its capability to kill microorganisms and deactivate spoilage enzymes. This research investigates the effect of cold plasma with argon gas on the shelf life of red guava fruit (*Psidium guajava L.*). In this study, guava fruits were contaminated with a microbial strain of *Aspergillus niger* and subsequently treated with various cold plasma treatments for different durations (ranging from 150 to 1200 seconds). The results showed that the use of cold plasma significantly reduced the number of molds and improved the physical and chemical properties of the fruits. Additionally, sensory evaluations indicated an increased acceptability of the cold plasma-treated fruits. The changes in pH and fruit firmness also improved, indicating better quality in the treated fruits. Based on obtained results, cold plasma is an effective, non-thermal method for preserving quality and extending the shelf life of red guava. It can serve as an alternative method in post-harvest management of horticultural products. The application of cold plasma may contribute to the development of new technologies for the preservation and storage of agricultural products, particularly in international markets.

Keywords: Cold Plasma, Guava, microorganisms, shelf life, Argon Gas