بررسی تاثیر پلاسمای سرد فشار اتمسفری بر شاخص‌های اکسایش و کیفیت میکروبی فلفل قرمز

تاثیر پلاسمای سرد بر ویژگی‌های کیفی و بار میکروبی فلفل قرمز

سمانه خدابنده شهرکی[۱]، محمد گلی[۲]*، شریفه شاهی[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، مرکز تحقیقات لیزر و بیوفوتونیک در فناوریهای زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۳- گروه مهندسی پزشکی، مرکز تحقیقات لیزر و بیوفوتونیک در فناوریهای زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

***نویسنده مسئول:** *mgolifood@yahoo.com*

چکیده

ادویه، به علت افزایش اشتها و همچنین افزایش عطر و طعم و رنگ به مواد غذایی، در سراسر جهان محبوب است، اما با این وجود بار میکروبی زیادی دارند. پلاسمای سرد یک فناوری غیرحرارتی و جایگزین مناسب برای روش‌های مرسوم حرارتی مورد استفاده در صنایع غذایی است که با خاصیت ضد میکروبی، بدون تأثیر منفی در کیفیت مواد غذایی باعث افزایش طول عمر مفید آن‌ها می‌شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی برخی خواص کیفی و میکروبی فلفل قرمز به روش پلاسمای سرد بود. نتایج نشان داد ولتاژ پلاسما نسبت به مدت زمان تابش اثر بیشتری بر بهبود و حفظ محتوی فنول کل فلفل قرمز داشت، به‌طوریکه استفاده از تیمار پلاسمای سرد با ولتاژ متوسط (۱۶/۶۶ کیلو ولت) از نظر افزایش محتوی فنول کل فلفل قرمز نسبت به ولتاژهای پایین‌تر و بالاتر برتر بود. عدد اسیدی، عدد پراکسید، تیوباربیتوریک اسید و اندیس آنیزیدین تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد ارزیابی شد ($p<۰/۰۵$)، و نمونه شاهد کمترین شاخص‌های اکسایش را داشت. شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، *Staphylococcus aureus*، *E.coli* در نمونه‌های تیمار شده به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$)، کمتر از نمونه شاهد بود. طبق نتایج به‌دست آمده، روش پلاسمای سرد به‌منظور فرآوری مواد غذایی پیشنهاد می‌شود زیرا می‌تواند کیفیت مواد غذایی را در سطح قابل قبولی حفظ کند.

کلمات کلیدی: پلاسمای سرد فشار اتمسفری، عدد پراکسید، فلفل قرمز، فنول کل، کیفیت میکروبی

مقدمه

ادویه‌های تجاری توسط مصرف کنندگان، به‌منظور ارتقاء طعم و عطر و ایجاد تنوع، در طیف گسترده‌ای از وعده‌های غذایی گنجانده شده‌اند. از میان ادویه‌جات پرکاربرد و پرطرفدار می‌توان به فلفل اشاره کرد. فلفل‌ها در سراسر دنیا در تهیه غذا به علت طعم و رایحه مطلوب و تأخیر در فساد مواد غذایی استفاده می‌شوند (Omolo et al., 2014)، و پودر فلفل قرمز برای ایجاد رنگ قرمز روشن با طعمی تند و تقویت طعم بسیاری از محصولات غذایی فرآوری شده قابل استفاده است (Akbas and Ozdemir, ؛ Rico et al., 2010 2008). آلودگی میکروبی ادویه‌جات به شدت با شرایط بهداشتی در زمان برداشت، مراحل خشک کردن و آسیاب ارتباط دارد (Hertwig et al., 2015). اکثر ادویه‌ها با استفاده از سیستم‌های سنتی تولید می‌شوند (Kashfi et al., 2020)، و طی مراحل برداشت و حمل و نقل نیز بار میکروبی ادویه‌ها افزایش می‌یابد که مصرف آن‌ها مستقیما و بدون حرارت ممکن است سبب بروز بیماری‌های مختلف شود (Sanai et al., 2019). با توجه به اهمیت ادویه‌ها در صنعت غذا، استفاده از روش‌های آلودگی‌زدایی، بدون ایجاد تغییر در کیفیت ادویه‌ها ضروری است. روش‌های مورد استفاده علاوه بر نابودی فلور میکروبی ماده غذایی و افزایش زمان ماندگاری آن، بایدکاهش‌دهنده مصرف انرژی و دوست‌دار محیط زیست باشند و مهم‌تر از همه، تغییرات نامطلوبی را بر روی چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدراترها، رنگدانه‌ها، مواد معطر و برخی از ویتامین‌های ماده غذایی نگذارند (Sanai, 2018). پلاسمای سرد روشی جدید برای فرآوری مواد غذایی است که با توجه به غیر حرارتی بودن آن، می‌تواند جایگزین سایر روش‌های شیمیایی و فیزیکی مورد استفاده برای از بین برد آلودگی مواد غذایی باشد. پلاسما حاوی بسیاری از گونه‌های فعال مانند الکترون‌ها، یون‌ها، رادیکال‌های آزاد حالت برانگیخته و تعداد زیادی مولکول خنثی غیر یونیزه می‌باشد (Thirumdas et al., 2017)، که خصوصیات شیمیایی پلاسما به ترکیب گاز ورودی، توان، ولتاژ، رطوبت و فاز اطراف آن بستگی دارد (Misra et al., 2016). با استفاده از فناوری پلاسمای سرد، امکان پردازش مواد غذایی در دمای پایین وجود دارد که از مزایای بالای این روش می‌باشد. همچنین، به نظر می‌رسد این فناوری از نظر زیست محیطی مناسب است اما پلاسمای سرد یک درمان سطحی است که عدم کاربرد آن برای پردازش کل حجم مواد را می‌توان از محدودیت‌های این روش ذکر کرد (Ranjbar Nedamani, 2023). کاربرد پلاسمای سرد در غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها در ادویه‌جات در پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. هرتویگ و همکاران (Hertwig et al., 2015)، فلور میکروبی طبیعی دانه فلفل و پودر فلفل قرمز را بیش از ۳ سیکل لگاریتمی پس از ۶۰ دقیقه تیماردهی کاهش دادند. در پژوهشی توسط چاروکس و همکاران (Charoux et al., 2020)، آسیب غشای سلولی دانه‌های فلفل سیاه ناشی از فناوری پلاسمای غیرحرارتی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی قابل مشاهده بود. درویش و همکاران (Darvish et al., 2022)، به بررسی آلودگی میکروبی زعفران با استفاده از فناوری پلاسمای سرد کم فشار پرداختند که بیشترین کاهش بار میکروبی در ۱۱۰ وات به مدت ۳۰ دقیقه مشاهده شد. آلوده شدن ادویه‌جات به طرق مختلف، موجب بروز عوارضی در انسان خواهد گشت که فواید و خواص آن‌ها را تحت الشعاع قرار داده و باعث بروز مشکلات و بیماری‌های میکروبی در مصرف کننده می‌شود. نبود یک سامانه مناسب برای ضدعفونی کردن این محصولات، عامل اصلی کیفیت ضعیف ادویه‌جات محسوب می‌شود (Pankaj et al., 2018). در کنار بررسی اثربخشی پلاسمای سرد در آلودگی‌زدایی مواد غذایی، مطالعات اخیر برخی از محدودیت‌های این تکنولوژی را مانند افزایش اکسیداسیون لیپیدها، کاهش رنگ و تغییر ویژگی‌های حسی و ارگانولپتیکی را گزارش می‌دهند. بنابراین در این پژوهش، به بررسی تاثیر پلاسمای سرد در زمان‌ها و ولتاژهای متفاوت بر

بار میکروبی و شاخص‌های اکسیداسیونی فلفل قرمز پرداخته شد.

مواد و روش کار

در این تحقیق، فلفل قرمز از نوع عنابی از شرکت فرس انوشه واقع در دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان خریداری شد و جهت بررسی تأثیر پلاسمای سرد در ولتاژهای مورد استفاده ۱۳/۳۳، ۱۶/۶۶ و ۲۰ کیلوولت و زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه برای هر ۳ ولتاژ، بر محتوی فنل کل، شاخص‌های اکسایش و بار میکروبی فلفل قرمز مورد استفاده قرار گرفت.

روش تابش‌دهی

سیستم مورد استفاده برای تابش‌دهی، دستگاه پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک بود که قابلیت کار کردن در فشار اتمسفر را داشته و گاز مورد استفاده برای آن، هوا بود. در این بخش، نمونه‌های فلفل قرمز خریداری شده، درون ظرف پیرکس مخصوص دستگاه ریخته شد و نمونه‌ها با استفاده از متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش (زمان فرآیند و ولتاژ دستگاه) تیمار شدند.

آماده سازی و استخراج چربی

برای اندازه‌گیری شاخص‌های اکسایشی، ابتدا روغن نمونه‌ها با استفاده از روش کاظمی و عبدالحسینی (Kazemi and Abdul Hosseini, 2012)، با تغییرات جزئی استخراج شد تا آزمون‌های مورد نظر بر روی روغن استحصالی انجام گیرد. بنابراین، پس از آسیاب کردن نمونه‌های فلفل قرمز، ۵۰۰ گرم از نمونه پودر شده درون بالن ریخته شد و حلال پترولیوم اتر با نسبت جامد به حلال ۱ به ۳، به آن اضافه گردید. درب بالن با استفاده از وزق آلومینیومی پوشانده شد و پس از گذشت ٤٨ ساعت، از کاغذ صافی عبور داده شد و حلال با استفاده از دستگاه تبخیرکننده دوار، جدا گردید.

ارزیابی ویژگی‌های اکسایشی نمونه‌های تیمار شده

اندازه‌گیری ترکیبات فنلی

مقدارترکیبات فنلیک موجود در نمونه‌ها با روش رنگ سنجی به روش فولین سیوکالتو[1] مورد بررسی قرار گرفت. جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد و برای رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک استفاده گردید (Yang et al., 2020).

عدد پراکسید

اندازه‌گیری شاخص پراکسید با استفاده از روش اگریکان و همکاران (Agregan et al., 2017) انجام شد. در این روش، ابتدا ۵ گرم از روغن استخراج شده از هر نمونه را توزین و سپس ۳۰ میلی‌لیتر مخلوط اسید استیک و کلروفرم (۳ حجم اسید استیک و ۲ حجم کلروفرم) اضافه شد. پس از آن، ۰/۵ میلی‌لیتر محلول اشباع یدورپتاسیم اضافه کرده و به مدت یک دقیقه در محیط تاریک قرار داده شد. سپس، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و چند قطره معرف چسب نشاسته افزوده و با تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال تا حذف رنگ آبی تیتر شد. در نهایت، عدد پراکسید با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید.

رابطه (۱) وزن روغن / نرمالیته تیوسولفات مصرفی × (حجم تیتر شاهد – حجم تیتر نمونه) × 1000= عدد پراکسید

اندیس آنیزیدین

برای این کار۰٫۵گرم روغن نمونه وزن شده و با ۵ میلی‌لیتر ایزواکتان حل شد و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس جذب این محلول در طول موج ۳۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. سپس ۵ میلی‌لیتر از این محلول را برداشته و با ۱ میلی‌لیتر محلول آنیزیدین (۲۵ درصد وزنی- حجمی) تهیه شده در استیک اسید مخلوط شد

[1] Fulin Ceucalto

و ۳۰دقیقه در محل تاریک نگهداری شد. سپس جذب آن در طول موج ۳۵۰ قرائت شد. اندیس آنیزیدین از رابطه (۲) محاسبه گردید (Tompkins and Perkins, 1999).

رابطه (۲) $\text{اندیس آنیزیدین} = \frac{25 \times (1/2 \times A_S - A_b)}{w}$

در رابطه (۲)، A_S میزان جذب چربی بعد از واکنش با آنیزیدین ، A_b جذب نمونه شاهد، w وزن نمونه (گرم)، v حجمی که نمونه در آن حل شده (میلی‌لیتر) و ۱/۲ ضریب تصحیح برای رقیق سازی محلول نمونه با یک میلی لیتر واکنشگر آنیزیدین است.

تیوباربیتوریک اسید

200میلی‌گرم از روغن نمونه را در مقدار کمی از ۱-بوتانل حل کرده و با همین حلال به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. ۵ میلی‌لیتر از آن را به یک لوله آزمایش خشک انتقال داده و ۵ میلی‌لیتر از محلول واکنش‌گر تیوباربیتوریک اسید به آن اضافه و کاملا مخلوط شد. پس از ۱۲۰ دقیقه قرارگیری در حمام آبی با دمای ۹۵ درجه سانتی گراد، به مدت ۱۰ دقیقه زیر جریان آب سرد شیر قرار داده شد. جذب نوری آن (A_S) در طول موج ۵۳۰ نانومتر در مقابل بلانک (آب مقطر) (A_b) توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. شاخص تیوباربیتوریک اسید با استفاده از رابطه (۳) بدست آمد (Egan et al., 1997).

رابطه (۳) $\text{TBA} = (A_s - A_b) \times 50/200$

عدد اسیدی

جهت اندازه‌گیری عدد اسیدی از روش تیتراسیون با استفاده از معرف فنل فتالئین و سود ۰/۱ نرمال تا ظهور صورتی استفاده شد و عدد اسیدی از رابطه (۴) محاسبه شد (استاندارد AOAC با شماره۶۳-۳-cd).

رابطه(۴) $\text{عدداسیدی} = \frac{\text{میلی لیتر سود } 0/1 \text{ نرمال مصرفی} \times 2/82}{\text{وزن نمونه}}$

بررسی بار میکروبی

اساس آزمایشات میکروبی شامل کشت مقادیر مشخصی از نمونه با استفاده از محیط کشت معین، از رقت‌های تهیه شده، گرمخانه گذاری پلیت‌ها و در نهایت محاسبه تعداد کلنی‌های قابل شمارش در هر گرم نمونه بود. بدین منظور، رقت‌سازی تا سه مرحله انجام شد، سپس آزمون‌های میکروبی نمونه‌های فلفل قرمز، مطابق با استانداردهای مربوطه انجام گرفت. شمارش *Cl.perfringens* بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۹۷، شمارش *E.coli* بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۹۴۶، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲۷۲ و شمارش کپک و مخمر بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۰۸۹۹ انجام شد. جهت جداسازی و شناسایی *S.aureus* از محیط کشت Bair Parker Agar و با روش رحیمی و صفائی (Rahimi and Safai, 2010) انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

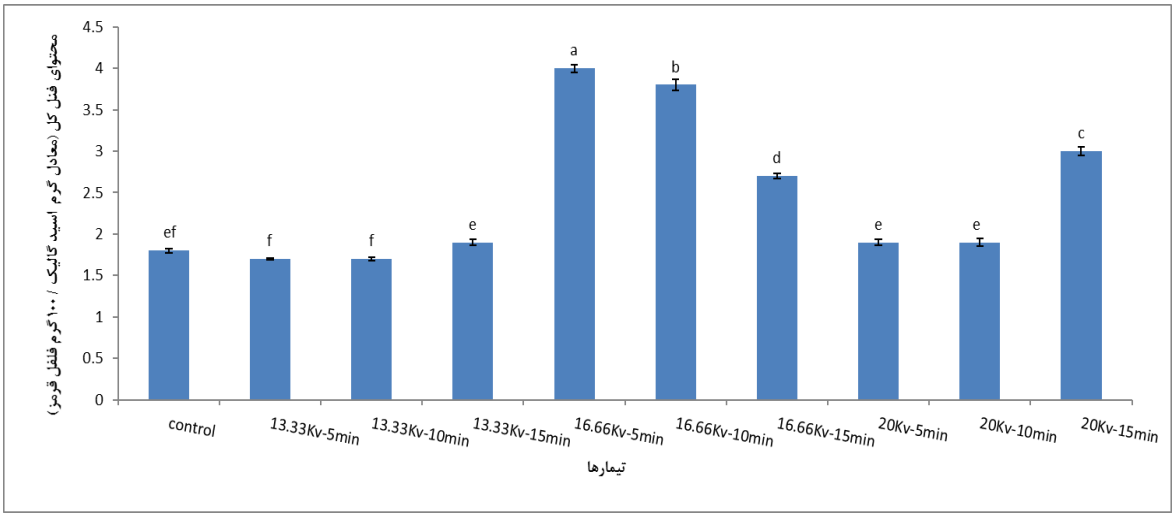
در این پژوهش، آزمون‌ها به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملا تصادفی انجام گردید. کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد که دو فاکتور مورد بررسی، شامل ولتاژهای مورد استفاده (۱۳/۳۳، ۱۶/۶۶ و ۲۰ کیلوولت) و زمان اعمال تیمار پلاسما (۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه) بر نمونه‌های فلفل قرمز بود. به‌منظور انجام آزمون‌های آماری، از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد و میانگین‌ها با روش دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه گردید. ضمنا برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل (۲۰۰۷) استفاده شد.

نتایج و بحث

محتوی فنول کل

ترکیبات فنولی از جمله متابولیت‌های ثانویه در انواع مواد غذایی از جمله ادویه‌جات وجود دارند که از هسته-های آروماتیک و یک یا چند گروه OH ساخته شده‌اند و به فنول‌های ساده، فنولیک اسیدها، کومارین‌ها، فلاونوئیدها و تانن‌ها تقسیم می‌شوند. ترکیبات فنولیک در طبیعت، به فرم‌های آزاد و باند شده با پیوند گلیکوزیدی با دیواره سلولی و یا ترکیبات درون سلولینوئی موجود می‌باشند. فلانوئیدها و سایر ترکیبات فنولی دارای فعالیت‌های بیولوژیک متنوع از جمله آنتی اکسیدانی، آنتی میکروبی و ضد التهابی هستند (Charoux et al., 2020). نتایج این پژوهش بیانگر آن است که اثر ولتاژ پلاسما نسبت به اثر مدت زمان تابش بر محتوی فنول کل چشمگیرتر بود، به‌طوریکه استفاده از تیمار پلاسمای سرد با ولتاژ متوسط (۱۶/۶۶ کیلو ولت) از نظر افزایش محتوی فنول کل فلفل قرمز نسبت به ولتاژهای پایین‌تر و بالاتر برتر بود. محتوی فنول کل در تیمارهای با ولتاژ ۱۶/۶۶ کیلو ولت به مدت ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه، و ۲۰ کیلو ولت به مدت ۱۵ دقیقه به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$)، نسبت به نمونه شاهد و سایر تیمارها بیشتر به‌دست آمد. تیمار با ولتاژ ۱۶/۶۶ کیلو ولت به مدت ۵ دقیقه بیشترین محتوی فنول کل فلفل قرمز را نشان داد (شکل ۱). علت افزایش محتوی فنول کل نمونه فلفل قرمز در اثر اعمال پلاسما را اینگونه می‌توان توضیح داد که گونه‌های فعال، ذرات باردار، رادیکال‌های آزاد و فوتون‌های فرابنفش تشکیل شده در حین فرایند پلاسما دیواره سلولی ماده مورد نظر (فلفل قرمز) را تخریب نموده و با شکست پیوندهای گلیکوزیدی ترکیبات فنولیک باند شده با دیواره سلولی، باعث استخراج و رهاسازی هر چه بیشتر ترکیبات فنولی و در نتیجه افزایش محتوی فنول کل می‌شود (Khoddami et al., 2013). البته لازم به تذکر است که کاهش محتوی فنول کل فلفل قرمز در تیمارهای با ولتاژ بالاتر (۲۰ کیلو ولت) نسبت تیمارهای با ولتاژ ۱۶/۶۶ کیلو ولت می‌تواند با اکسیداسیون، پلیمریزاسیون، ایزومریزاسیون و تجزیه و تخریب ترکیبات فنولی توسط گونه‌های فعال واکنشگر مرتبط باشد (Fernandes et al., 2019). طبق یافته‌های این تحقیق در ولتاژهای ۱۳/۳۳ و ۲۰ کیلو ولت، افزایش زمان تابش از ۵ به ۱۵ دقیقه سبب افزایش محتوی فنول کل فلفل قرمز شد ($p<۰/۰۵$). در ولتاژ متوسط (۱۶/۶۶ کیلو ولت)، روند کاهشی محتوی فنول کل با افزایش زمان از ۵ تا ۱۵ دقیقه مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$). از آنجایی که غلظت گونه‌های فعال واکنشگر پلاسما در اثر افزایش مدت زمان تابش پلاسما افزایش می‌یابد، این امر به نوبه‌ی خود موجب افزایش سرعت و شدت اکسیداسیون می‌شود (Fernandes et al., 2019). تحقیقات بسیاری نشان داده است که میزان ولتاژ و مدت زمان تابش‌دهی پلاسما تأثیر شگرفی بر ترکیبات فنولیک، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، و همچنین فعالیت آنتی اکسیداین مواد غذایی دارد. در همین راستا، اثر تیمار پلاسمای سرد بر محتوی فنول کل، ویتامین ث، فلاونوئیدها و فعالیت آنتی اکسیدانی آب سیب و بادام هندی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تیمار پلاسما باعث افزایش محتوی فنول کل، فلاونوئیدها و فعالیت آنتی اکسیدانی شد، اما با افزایش زمان اعمال تیمار از ۵ تا ۱۵ دقیقه میزان ترکیبات زیست فعال به‌طور قابل توجهی کاهش یافت (Rodriguez et al., 2017). لیائو و همکاران (Liao et al., 2018)، کاهش محتوی فنول کل آب سیب تیمار شده با پلاسمای سرد را به ویژه با افزایش شدت و مدت زمان تابش پلاسما گزارش کردند. در تحقیق دیگری، فرناندز و همکاران (Fernandes et al.,

2019)، بیان کردند که استفاده از پلاسمای سرد با سرعت جریان بالا (۲۰ میلی‌لیتر بر دقیقه) تغییری در ظرفیت آنتی اکسیدانی آب میوه Acerola ایجاد نکرد. اما کاهش سرعت جریان به ۱۵ و ۱۰ میلی‌لیتر بر دقیقه باعث کاهش ظرفیت آنتی اکسیدانی آب میوه گردید. کشفی و همکاران (Kashfi et al., 2020)، در مطالعه‌ای به بررسی اثر استفاده از تیمار پلاسمای سرد بر محتوی فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی نعناع خشک پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که اعمال تیمار با شدت ۵۰ و ۶۰ وات به مدت ۲۰ دقیقه باعث افزایش محتوی فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های نعناع خشک تیمار شده گردید. بائو و همکاران (Bao et al., 2021)، با اعمال تیمار پلاسمای سرد بر برش‌های عناب به مدت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ دقیقه مشاهده نمودند که محتوی پروسیانیدین‌ها، فلاونوئیدها، و فنول کل به‌ترتیب، به میزان ۸۱/۵۳، ۸۹/۳۳، و ۸۵/۱۳ درصد بهبود پیدا کرد و ظرفیت آنتی اکسیدانی حداکثر تا ۸۵/۳۶ درصد افزایش یافت.



شکل ۱- اثر متقابل ولتاژ- زمان اعمال پلاسمای سرد بر محتوی فنول کل فلفل قرمز

شاخص‌های اکسایش

بمنظور ارزیابی درجه اکسیداسیون چربی‌ها در مواد غذایی بطور وسیعی از شاخص‌های عدد پراکسید، عدد تیو باربیتور یک اسید (TBA) و اندیس آنیزیدین استفاده می‌شود که میزان محصولات اولیه (هیدروپراکسیدها) و ثانویه اکسیداسیون به‌ویژه آلدئیدها و کتون‌ها را نشان می‌دهند (Almasi, 2017). عدد اسیدی، عدد پراکسید، تیوباربیتوریک اسید و اندیس آنیزیدین تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد اندازه‌گیری شد ($p<۰/۰۵$)، و نمونه شاهد کمترین شاخص‌های اکسایش را داشت (جدول ۱)، زیرا گونه‌های فعال واکنشگر، ذرات باردار، رادیکال‌های آزاد و فوتون‌های فرابنفش تولید شده طی فرایند پلاسما باعث اکسیداسیون لیپیدها به ویژه اسیدهای چرب غیر اشباع و تشکیل محصولات اولیه و ثانویه حاصل از اکسیداسیون و در نهایت کاهش پایداری اکسایشی می‌شوند (Puprasit et al., 2020). می‌توان گفت که اثر ولتاژ بر تغییرات عدد اسیدی و عدد پراکسید فلفل قرمز بیشتر از اثر مدت زمان تابش پلاسما بود. به‌طوریکه نمونه‌های تیمار شده با ولتاژ ۱۶/۶۶ کیلو ولت عدد اسیدی و عدد پراکسید بیشتری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. تیمار با ولتاژ ۱۳/۳۳ کیلو ولت به مدت ۵ دقیقه کمترین عدد تیوباربیتوریک اسید را دارا بود ($p<۰/۰۵$). بیشترین و

کمترین اندیس آنیزیدین به‌ترتیب، به تیمارهای با ولتاژ ۱۳/۳۳ کیلو ولت به مدت ۱۰ و ۵ دقیقه اختصاص داشت. به‌طورکلی نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که با اعمال تیمار پلاسما به مدت طولانی (بیش از ۵ دقیقه) عدد پراکسید، عدد اسیدی، عدد تیوباربیتوریک اسید و اندیس آنیزیدین افزایش یافت (جدول ۱)، زیرا با افزایش مدت زمان تابش‌دهی پلاسما غلظت گونه‌های فعال واکنشگر و به دنبال آن پتانسیل و قدرت اکسید کنندگی پلاسما بیشتر می‌شود (Thirumdas, 2022). تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تأثیر تیمار پلاسمای سرد بر اکسیداسیون مواد غذایی صورت گرفته است که نتایج آن‌ها نشان دهنده آن است که تیمار پلاسما اثر قابل ملاحظه‌ای بر میزان اکسیداسیون لیپیدها در انواع مواد غذایی می‌گذارد. در همین راستا، جانسون و دیکر (Johnson and Decker., 2015) گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده طی فرایند پلاسما را مسئول اصلی اکسیداسیون لیپیدها دانستند. در تحقیق دیگری نتایج حاکی از افزایش ۳۰ درصدی میزان مالون دی آلدئید در چربی خوک و گاو پلاسما شده به مدت ۱۰ دقیقه بود (Jayasena et al., 2015). وان دورمیو واندامه، (Van Durme and Vandamme, 2016) گزارش دادند که استفاده از تیمار پلاسمای سرد (۶۰ دقیقه) روی روغن زیتون باعث افزایش میزان ترکیبات ثانویه حاصل از اکسیداسیون از ۱۱/۵۵۸ میکروگرم بر گرم به ۱۸/۹۳۹ میکروگرم بر گرم می‌گردد. نتایج تحقیقی نشان داد که اعمال تیمار پلاسمای سرد تحت فشار اتمسفری با ولتاژ ۸۰ کیلو ولت به مدت ۳۰ دقیقه موجب افزایش عدد چربی حیوانی (کره و پیه گاو) می‌شود (Sarangapani et al., 2017).

جدول ۱- اثر ولتاژ و زمان اعمال تیمار پلاسمای سرد بر شاخص‌های اکسایش و کیفیت میکروبی فلفل قرمز

تیمارها	شاخص های اکسایش				بار میکروبی			
	عدد پراکسید (میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم روغن)	عدد اسیدی (گرم اولئیک اسید بر ۱۰۰ گرم روغن)	تیوباربیتوریک اسید (میلی‌گرم مالون دی آلدئید بر کیلوگرم روغن)	اندیس آنیزیدین	شمارش کلی (CFU/g)	استافیلوکوکوس اورئوس (CFU/g)	اشرشیا کلی (CFU/g)	کپک و مخمر (CFU/g)
شاهد	9/70±0/24^{g}	1/88±0/05^{i}	80/90±2/02^{f}	37/50±0/94^{g}	7100000±100000/00^{a}	280000±5773/503^{a}	313/00±23/09^{a}	1/333±577/35^{a}
13/33Kv-5min	12/60±0/13^{f}	14/10±0/14^{b}	67/90±0/68^{g}	18/20±0/18^{i}	60000±1581/14^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}
13/33Kv-10min	14/70±0/29^{e}	2/82±0/06^{h}	92/40±1/85^{d}	182/70±3/65^{a}	45000±707/11b^{c}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}
13/33Kv-15min	72/80±2/18^{a}	3/76±0/11^{f}	107/30±3/22^{b}	58/60±1/76^{e}	32000±707/11b^{c}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}
16/66Kv-5min	58/70±1/17^{b}	14/57±0/29^{a}	104/60±2/09^{bc}	76/50±1/53^{c}	60000±1414/.21^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}
16/66Kv-10min	54/60±1/64^{c}	12/69±0/38^{c}	155/60±4/67^{a}	53/10±1/59^{f}	28000±707/11^{bc}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}
16/66Kv-15min	53/50±1/17^{c}	11/38±0/25^{d}	84/20±1/84^{ef}	111/18±2/43^{b}	20000±707/11^{bc}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}
20Kv-5min	4/20±0/13^{h}	14/10±0/42^{b}	101/20±3/04^{c}	65/60±1/97^{d}	50000±707/11^{c}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}
20Kv-10min	9/50±0/38^{g}	3/29±0/13^{g}	83/20±3/33^{ef}	27/50±1/10^{h}	42600±894/43^{bc}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}
20Kv-15min	21/60±0/65^{d}	6/58±0/20^{e}	87/50±2/63^{e}	61/50±1/85^{e}	16000±707/11^{c}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}	0/00±0/00^{b}

نتایج بر حسب میانگین داده‌ها ± انحراف معیار. میانگین‌هایی که دارای حروف مختلف هستند اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند ($p<۰/۰۵$).

.

کیفیت میکروبی

نتایج آزمون میکروبی نشان داد که فلفل قرمز از نظر بار میکروبی *Cl.perfringens* منفی بود. نتایج این تحقیق نشان داد که شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، *S.aureus* و *E.coli* در نمونه‌های تیمار شده به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$)، کمتر از نمونه شاهد بود. مدت زمان تابش در کاهش شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها نسبت به اثر ولتاژ اثر بیشتری داشت. تنها تیمارهای با ولتاژ ۲۰ کیلو ولت به مدت ۵ و ۱۵ دقیقه شمارش کلی میکروارگانیسم کمتری نسبت به تیمارهای با ولتاژ ۱۳/۳۳ و ۱۶/۶۶ کیلو ولت به مدت ۵ دقیقه داشتند ($p<۰/۰۵$). میزان ولتاژ و مدت زمان اعمال تیمار پلاسمای سرد اثر معنی‌داری روی شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، *S.aureus*، *E.coli* و کپک و مخمر نداشت ($p>۰/۰۵$)، (جدول ۱). پلاسما یک فرایند کاملا پیچیده است که در حین انجام این فرایند گونه‌های فعال (AR*، N2، NO، OH و OI)، ذرات باردار، اتم‌های برانگیخته، اتم‌های خنثی و فوتون‌های فرابنفش تشکیل می‌شوند. تجمع ذرات پلاسما بر روی سطح غشای سلولی میکروب باعث تخریب دیواره و کشته شدن آن‌ها می‌گردد. برهم کنش مستقیم سلول و ذرات باردار موجود در پلاسما موجب اکسیداسیون لیپیدها، آمینو اسیدها و اسیدهای نوکلئیک در غشای سلولی و در نهایت مرگ سلول می‌گردند. اکسیداسیون توسط گونه‌های اکسید کننده ازت و اکسیدهای ازت صورت می‌گیرد. پروتئین‌ها نسبت به آسیب ناشی از اکسیداسیون به خصوص در محل‌هایی که آمینو اسیدهای گوگردی در آن یافت می‌شود، حساس هستند. گونه‌های فعال فوتون‌های فرابنفش که حاصل از بازگشت گونه‌های برانگیخته به حالت پایه می‌باشند، با تخریب مستقیم مواد ژنتیکی میکروب، منجر به ایجاد تداخل در سیستم تقسیم سلولی و در آخر سبب مرگ سلولی می‌شوند. همچنین فوتون‌های فرابنفش با تخریب اکسایشی وارد شده به DNA منجر به تجزیه بازها و در نهایت تجزیه رشته‌های آن می‌شوند. سه مکانیسم عمده برای غیرفعال‌سازی میکروب‌ها در شرایط اعمال فرایند پلاسما وجود دارد که شامل سوراخ کردن غشاء و یا دیواره سلول که منجر به نشت اجزای سلولی از جمله پتاسیم، پروتئین و اسیدهای نوکلوئیک می‌شود، تخریب جدی پروتئین درون سلولی توسط عوامل اکسیداتیو و نیتروزاتیو، و تخریب مستقیم نوکلوئیک اسید می‌باشد (Mahnot et al., 2019). مطالعات متعددی نشان داده است که پلاسمای سرد تأثیر چشمگیری بر کاهش بار میکروبی مواد غذایی مختلف دارد. در همین زمینه، رضایی مهر و همکاران (Rezaee Mehr et al., 2015) با بررسی اثر پلاسمای سرد اتمسفری در باکتری‌زدایی *E.coli* در شیر به این نتیجه دست یافتند که با افزایش مدت زمان تابش پلاسما، میزان غیر فعال‌سازی باکتری افزایش می‌یابد. خلج و همکاران (Khalaj *et al*., 2018) اثر پلاسمای سرد به مدت ۰، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ ثانیه را بر انگور قرمز رقم فخری آلوده به قارچ‌های *Aspergillus* و *Botrytis* به این نتیجه دست یافتند که در تیمار ۲۰ ثانیه، ۱۵ درصد آلودگی برای قارچ *Botrytis*، و ۲۰ درصد آلودگی برای قارچ *Aspergillus* پس از ۳۵ روز مشاهده شد. در تیمار ۴۰ ثانیه اثری از آلودگی برای هیچ کدام از قارچ‌ها دیده نشد. در تحقیق دیگری تأثیر پلاسمای سرد را بر کاهش باکتری *Salmonella Enteritidis* موجود بر روی پوسته تخم مرغ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدت زمان تابش پلاسما اثر معنی‌داری بر باکتری مورد آزمون داشته است. به‌طوریکه با افزایش زمان پلاسما تا ۳ دقیقه کاهش چشمگیری در تعداد

کلنی‌ها مشاهده شد. همچنین افزایش زمان تابش تا ۳ دقیقه منجر به حذف کامل آلودگی میکروبی گردید (Bohlouli et al., 2021). در مطالعه‌ای یک رقم چای سیاه لاهیجان با ولتاژهای ۲۰، ۲۲ و ۵۲ کیلو ولت در بازه‌های زمانی ۲، ۴، ۶ و ۸ دقیقه در معرض تیمار پلاسمای سرد قرار گرفت. نتایج نشان داد که جمعیت میکروبی کل، *E.coli*، *Enterococcus* ، شمارش کلی فرم‌ها، و کپک و مخمرها نمونه‌های تیمار شده به مدت ۸ دقیقه کاهش چشمگیری داشت. همچنین با افزایش ولتاژ پلاسما میزان کاهش بار میکروبی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Afshari et al., 2022). پاسکوئالی و همکاران (Pasquali et al., 2016) بیان کردند که اعمال پلاسمای سرد با ولتاژ ۱۵ کیلو ولت به مدت ۱۵ دقیقه موجب کاهش ۱/۳۵ سیکل لگاریتمی *E.coli*، و اعمال تیمار با همین ولتاژ به مدت ۳۰ دقیقه سبب کاهش ۲/۲ سیکل لگاریتمی *Listeria monocytogenes* در کاسنی گردید. یانام و همکاران (Yannam et al., 2018)، گزارش دادند که اعمال تیمار پلاسما با ولتاژ بالا (۳۰ کیلو ولت) به مدت ۲۰ دقیقه موجب کاهش ۸/۲ واحد لگاریتمی *E.Coli* در آب نارنگی می‌گردد. نتایج تحقیقی نشان داد که شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، کپک و مخمرها و شمارش *S.aureus* در سطح خلال بادام تیمار شده با پلاسما به مدت ۲۰ دقیقه حدود ۲/۷۲ logcfu/g کاهش یافت (Shirani et al.,2020). گان و همکاران (Gan et al., 2020) اذعان داشتند که با افزایش زمان اعمال پلاسما بر آب میوه Chokeberry مقدار غیر فعال شدن *اشرشیاکلای* افزایش یافت و بیشترین میزان غیر فعال شدن پس از گذشت ۵ دقیقه به میزان ۲/۷۲ logcfu/g بود. همتی و همکاران (Hemmati et al., 2021) اثر پلاسمای سرد را بر بار میکروبی زردچوبه بررسی کردند. آن‌ها مشاهده نمودند که پس از ۷ دقیقه تیمار پلاسما تعداد سلول‌های زنده هوازی حدود ۵/۱ logcfu/g کاهش یافت.

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر پلاسمای سرد در ولتاژ و زمان‌های مختلف بر محتوی فنول کل، کیفیت میکروبی، و شاخص‌های اکسایش فلفل قرمز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در مدت زمان‌های مختلف تابش‌دهی، استفاده از تیمار پلاسمای سرد با ولتاژ متوسط (۱۶/۶۶ کیلو ولت) از نظر حفظ محتوی فنول کل فلفل قرمز نسبت به ولتاژهای پایین‌تر و بالاتر ارجح بود. تیمار پلاسمای سرد به‌طور قابل توجهی موجب کاهش شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، *S.aureus*، *E.coli* و کپک و مخمرها گردید. نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری شاخص‌های اکسایشی بیانگر آن بود که عدد اسیدی، عدد پراکسید، عدد تیوباربیتوریک اسید و اندیس آنیزیدین تیمارها در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافت. قدرت پلاسما در غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها مناسب بود. این تکنولوژی غیر حرارتی به‌دلیل عدم تولید ضایعات، انرژی مصرفی پایین، کم هزینه بودن، حفظ مواد مغذی و همچنین انجام آن در دمای اتاق می‌تواند به عنوان یک روش ضد عفونی کننده جایگزین خوبی برای روش‌های شیمیایی و فیزیکی و به‌خصوص استرلیزاسیون و پاستوریزاسیون مطرح شود.

فهرست منابع

Afshari H, Rouzbahani F, Saberi Guderzi A. 2021. Investigating the effect of cold plasma on reducing the microbial load of black tea. The 11th National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources, Tehran, Iran.

Agregán R, Munekata P.E, Domínguez R, Carballo J, Franco D, & Lorenzo J.M. 2017. Proximate composition, phenolic content and *in vitro* antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus*. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil under accelerated storage conditions. Food Res. Int. 99: 986-994.

Akbas MY, Ozdemir M. 2008. Effect of gaseous ozone on microbial inactivation and sensory of flaked red peppers. Int. J. Food Sci. Technol. 43(9):1657-1662.

Almasi H. 2017. Comparison of the effect of direct addition of extract and use of antioxidant active film containing nettle leaf extract on the oxidative stability of soybean oil. Food Industry Res. 26(3): 411-427.

AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press, *Champaign*, IL, 762p.

Bao T, Hao X, Shishir M.R.I, Karim N, Chen W. 2021. Cold plasma: An emerging pretreatment technology for the drying of jujube slices. Food Chem. 33: 127783.

Bohlouli P, Jalali Rad R, Duranian D. 2021. Antimicrobial effects of cold plasma on the pathogenic bacteria *Salmonella enteritidis* present on eggshell. Food Sci. Nutr. 17(4 (68 consecutive)): 85-92.

Charoux CM, Free L, Hinds L.M, Vijayaraghavan R.K, Daniels S, O'Donnell CP, & Tiwari BK. 2020. Effect of non-thermal plasma technology on microbial inactivation and total phenolic content of a model liquid food system and black pepper grains. Lwt.118: 108716.

Darvish H, Ramezan Y, Khani M.R, Kamkari A. 2022. Effect of low-pressure cold plasma processing on decontamination and quality attributes of Saffron (*Crocus sativus* L.). Food Sci. Nutr. 10(6): 2082-2090.

Egan H.K.R.S, Krik R.S, Sawyer R. 1997. *Pearson's chemical Analysis of food*. 9th. Edition. Edinburgh. Scotland, Churchill. Livingstone, UK, pp. 609-634.

Fernandes F.A, Santos, V.O, Rodrigues S. 2019. Effects of glow plasma technology on some bioactive compounds of acerola juice. Food Res. Int. 115: 16-22.

Gan Z, Feng X, Hou Y, Sun A, Wang R. 2021. Cold plasma jet with dielectric barrier configuration: Investigating its effect on the cell membrane of *E. coli* and *S. cerevisiae* and its impact on the quality of chokeberry juice. Lwt. 136: 110223.

Hemmati V, Garavand F, Goudarzi M, Sarlak Z, Cacciotti I, Tiwari B. K. 2021. Cold atmospheric-pressure plasma treatment of turmeric powder: microbial load, essential oil profile, bioactivity and microstructure analyses. Int. J. Food Sci. Technol. 56(5): 2224 -2232.

Hertwig C, Reineke K, Ehlbeck J, Erdoğdu B, Rauh C, Schlüter O. 2015. Impact of remote plasma treatment on natural microbial load and quality parameters of selected herbs and spices. J Food Eng. 167: 12-17.

Institute of Standards and Industrial Research of the country. Microbiology of animal feed foods - Comprehensive method for counting molds and yeasts - Part II: Colony counting method in products with water activity equal to or less than 0.95. National Standard of Iran No. 2-10899.

Institute of Standards and Industrial Research of the country. Microbiology of animal feed foods - Comprehensive method for counting molds and yeasts - Part II: Colony counting method in products with water activity equal to or less than 0.95. National Standard of Iran No. 2-10899.

Institute of Standards and Industrial Research of the country. Microbiology of food and animal feed - a comprehensive method for the search, identification and enumeration of *Clostridium perfringens*, National Standard of Iran No. 2197.

Institute of Standards and Industrial Research of the country. Escherichia coli search and identification method, Iranian National Standard No. 2946.

Institute of Standards and Industrial Research of the country. Total counting of microorganisms, Iranian National Standard No. 5272.

Jayasena D.D, Kim H.J, Yong H.I, Park S, Kim K, Choe W, Jo C. 2015. Flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma treatment of pork butt and beef loin: Effects on pathogen inactivation and meat-quality attributes. Food Microbiology. 46: 51-57.

Johnson D.R, Decker E.A. 2015. The role of oxygen in lipid oxidation reactions: a review. Annu Rev Food Sci Technol. 6: 171-190.

Kashfi A.S, Ramezan Y, Khani MR. 2020. Simultaneous study of the antioxidant activity, microbial decontamination and color of dried peppermint (*Mentha piperita* L.) using low pressure cold plasma. Lwt. 123: 109121.

Khalaj A, Ahmadi E, Mirzaei S, Abbaszadeh R. 2018. The effect of cold plasma treatment on the disinfection and quality characteristics of grapes (*Vitis vinifera* L). The 12th National Congress of Biosystem Mechanical Engineering and Mechanization of Iran, Ahvaz.

Khoddami A, Wilkes M.A, Roberts T.H. 2013. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. Molecules. 18(2): 2328-2375.

Liao X, Li J, Muhammad A.I, Suo Y, Chen S, Ye X., ... & Ding T. 2018. Application of a dielectric barrier discharge atmospheric cold plasma (Dbd-Acp) for *Eshcerichia coli* inactivation in apple juice. J. Food Sci. 83(2): 401-408.

Mahnot N.K, Siyu L.P, Wan Z, Keener K.M, Misra N.N. 2020. In-package cold plasma decontamination of fresh-cut carrots: Microbial and Quality Aspects. J. Phys.53(15): 154002.

Misra N.N, Schlüter O, Cullen P.J. (Eds.). 2016. *Cold plasma in food and agriculture: fundamentals and applications*. Academic Press.

Omolo M.A, Wong Z.Z, Mergen A.K, Hastings J.C, Le N.C, Reiland H.A, ... & Baumler D.J. 2014. Antimicrobial properties of chili peppers. J. Infect. Dis. Ther. 2(4): 2332-0877.

Pankaj S.K, Wan Z, Keener K.M. 2018. Effects of cold plasma on food quality: A review. Foods. 7(1): 4.

Pasquali F, Stratakos A.C, Koidis A, Berardinelli A, Cevoli C, Ragni L, ... & Trevisani M. 2016. Atmospheric cold plasma process for vegetable leaf decontamination: A feasibility study on radicchio (red chicory, *Cichorium intybus* L.). Food control. 60:552-559.

Puprasit K, Wongsawaeng D, Ngaosuwan K, Kiatkittipong W, Assabumrungrat S.2020. Non-thermal dielectric barrier discharge plasma hydrogenation for production of margarine with low trans-fatty acid formation. IFSET. 66: 102511.

Rahimi E, Safai H.G. 2010. Detection of classical enterotoxins of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine subclinical mastitis in Isfahan, Iran. Vet. Microbiol, 141(3-4): 393-394.

Ranjbar Nedamani A.2023.Numerical Calculation of the Lethality of Becteria in Bottled Milk under Cold PlasmaTreatment. IFSTRJ. 18 (6):153-165.

Rezaei Mehr E, Sahabzadeh F, Siadati S.N and Alavi S.O.2013. Use of atmospheric pressure cold plasma in *Escherichia coli* bactericidal from milk. 3rd National Food Science and Industry Conference, Qochan.

Rico C.W, Kim G.R, Ahn J.J, Kim H.K, Furuta M, Kwon J.H. 2010. The comparative effect of steaming and irradiation on the physicochemical and microbiological properties of dried red pepper (*Capsicum annum* L.). Food Chem. 119(3):1012-1016.

Rodríguez Ó, Gomes W.F, Rodrigues S, Fernandes F.A. 2017. Effect of indirect cold plasma treatment on cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.). Lwt. 84:457-463.

Sanaee F. 2018. *Investigating the effect of cold plasma on reducing microbial load and physicochemical characteristics of turmeric*. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Department of Food Science and Industry, Ferdowsi University of Mashhad.

Sanaee F, Mortazavi S.A, tabatabaei yazdi F, Shahidi F. 2020. Effect of cold

plasma treatment on microbial load reduction and physicochemical properties of turmeric. FSCT. 17 (99): 153-161.

Sarangapani C, O'Toole G, Cullen P.J, Bourke P. 2017. Atmospheric cold plasma dissipation efficiency of agrochemicals on blueberries. Innov Food Sci Emerg Technol.44:235-241.

Shirani K, Shahidi, F, Mortazavi S.A. 2020. Investigation of decontamination effect of argon cold plasma on physicochemical and sensory properties of almond slices. Int. J. Food Microbiol. 335: 108892.

Thirumdas R. 2023. Partial hydrogenation of oils using cold plasma technology and its effect on lipid oxidation. Int. J. Food Sci. Technol. 60(6): 1674-1680.

Thirumdas R, Trimukhe A, Deshmukh R.R, Annapure U.S. 2017. Functional and rheological properties of cold plasma treated rice starch. Carbohydr. Polym.157:1723- .1731.

Tompkins C, Perkins E.G.1999. The evaluation of frying oils with the p-anisidine value. JAOCS. 76(8):945-947.

Van Durme J, Vandamme J. 2016. Non-thermal plasma as preparative technique to evaluate olive oil adulteration. Food Chem. 208:185-191.

Yang Q.Q, Cheng L.Z, Zhang T, Yaron S, Jiang H.X, Sui Z.Q, Corke H. 2020. Phenolic profiles, antioxidant, and antiproliferative activities of turmeric (*Curcuma longa*). Ind Crops Prod. 152:112561.

Yannam S.K, Estifaee P, Rogers S, Thagard S.M. 2018. Application of high voltage electrical discharge plasma for the inactivation of *Escherichia coli* ATCC700891 in tangerine juice. LWT. 90: 180-185.

Investigating the effect of atmospheric pressure cold plasma on oxidation indices and microbial quality of red pepper

The effect of cold plasma on the quality characteristics and microbial load of red pepper

Khodabandeh Shahraki S[1]. Goli M[2*]. Shahi Sh[3]

1. Master's degree student, Department of Food Science and Industry, Islamic Azad University Isfahan (Khorasgan), Isfahan, Iran
2. Department of Food Science and Technology, Laser and Biophotonics in Biotechnologies Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3. Department of Medical Engineering, Laser and Biophotonics in Biotechnologies Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

***Corresponding author**: *mgolifood@yahoo.com*

Abstract

Spices are popular worldwide for increasing appetite and adding flavor and color to food, but they also carry a high microbial load. Cold plasma is a non-thermal technology and a suitable alternative to the conventional thermal methods used in the food industry, which, with its antimicrobial properties, increases the shelf life of food without negatively affecting its quality. The purpose of this research was to investigate some qualitative and microbial properties of red pepper by a cold plasma method. The results showed that the plasma voltage had a greater effect on improving and maintaining the total phenolic content of red pepper than the duration of irradiation, so the use of cold plasma treatment with medium voltage (16.66 kV) increased the total phenolic content of red pepper compared to the voltages lower and higher were superior. The acid value, peroxide value, thiobarbituric acid, and anisidine index of the treatments were significantly higher than the control sample ($p<0.05$), and the control sample had the lowest oxidation indices. The total count of microorganisms, *Staphylococcus aureus*, and *E. coli* in the treated samples was significantly less than the control sample ($p<0.05$). According to the obtained results, the cold plasma method is suggested for food processing because it can maintain the quality of food at an acceptable level.

Keywords: Atmospheric Pressure Cold Plasma, Peroxide Value, Red Pepper, Total Phenol, Microbial Quality