مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هجدهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحات ۷۰-۶۱

بررسی برخی ویژگی‌های تغذیه‌ای، آنتی اکسیدانی و حسی پیازچه سبز تیمار شده توسط پلاسمای سرد

پریسا کاظم زاده[۱]، مریم محمودزاده[۲]، سیروس خرم[۳]

۱ـ کارشناسی ارشد بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

۲ـ نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
پست الکترونیکی: mahmoudzadehm@tbzmed.ac.ir

۳ـ استادیار گروه فیزیک پلاسما، دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: افزایش کیفیت و افزایش مدت ماندگاری سبزیجات بعداز فرآیند توسط پلاسمای سرد مورد انتظار است. بهینه سازی فاکتورهای فرآیند می‌تواند در حفظ ویژگی‌های کیفی و تغذیه‌ای و افزایش ماندگاری محصولات سبزی مؤثر باشد. از این‌رو، این مطالعه بر بهینه سازی فاکتورهای فرآیند با پلاسمای سرد و بررسی مدت ماندگاری پیازچه متمرکز است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تأثیر فاکتورهای فرآیند شامل زمان فرآیند (۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه)، فاصله الکترود بالایی از سطح آب (۴، ۷ و ۱۰ سانتی‌متر) و ولتاژ (۶، ۸/۵ و ۱۱ کیلو ولت) پلاسمای سرد از نوع تخلیه سد دی الکتریک بر برگ‌های پیازچه با استفاده از روش سطح-پاسخ بهینه سازی شد. سپس تغییر در برخی ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی پیازچه تیمار شده توسط پلاسمای سرد در حالت بهینه متغیرها و طی نگهداری در یخچال (۴°C) مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بیشترین میزان حفظ ویتامین C و فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ‌های پیازچه در جهت مهار رادیکال‌های DPPH در ۸ کیلوولت، ۸/۸۳ دقیقه و ۶/۶ سانتی‌متر به دست آمد. برگ‌های تیمارشده توسط پلاسما، حاوی ویتامین C بالاتری نسبت به گروه کنترل بودند و روند افزایشی در فعالیت آنتی اکسیدانی طی ۱۰ روز نگهداری در دمای یخچال نشان دادند.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از مطالعه نشان داد متغیرهای ولتاژ و زمان فرآیند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر بهبود میزان فعالیت آنتی اکسیدانی و محتوای ویتامین C برگ‌های پیازچه تیمار شده توسط پلاسمای سرد از نوع تخلیه سد دی الکتریک دارند.

واژگان کلیدی: پیازچه، پلاسمای سرد، ویتامین C ، فعالیت آنتی اکسیدانی، حسی

• مقدمه

روش‌های حرارتی مانند آنزیم بری و پاستوریزاسیون از طریق غیرفعال سازی میکروارگانیزم‌ها می‌توانند باعث افزایش ماندگاری سبزیجات تازه گردند. با این حال فرآیندهای حرارتی می‌توانند تأثیر معنی‌داری بر رنگ، عطر و طعم و ویژگی‌های تغذیه‌ای محصولات فرایند شده داشته باشند. سطح میوه و سبزیجات تازه به عنوان حاملی برای میکروارگانیسم‌های بیماریزا می‌باشند، از طرف دیگر حدود ۲۲٪ مصرف جهانی میوه و سبزی به صورت تازه می‌باشد که لزوم استفاده از فن آوری‌های غیرحرارتی را پررنگ تر می‌سازد (۲، ۱). از انواع فن آوری‌های غیرحرارتی که در این رابطه جهت افزایش ماندگاری سبزیجات استفاده می شوند می توان به اولتراسونیکاسیون، نور فرابنفش، فرآیند با فشار بالا و پلاسمای سرد اشاره کرد (۲، ۱). اصطلاح پلاسما به گاز هایی اطلاق می شود که به صورت جزئی یا کلی یونیزه شده باشند، و ضرورتاً از فوتون‌ها و الکترون‌های آزاد و همچنین اتم‌ها در حالت‌های اساسی یا برانگیخته خود تشکیل شده باشند و به دلیل برابری تعداد بارهای مثبت و منفی دارای

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1402.18.3.7.8]

بار خالص خنثی هستند (۳). گونه‌های اکسیژن فعال تولید شده در پلاسمای سرد عامل نابودی میکروارگانیزم‌ها از طریق شکستن باندهای شیمیایی موجود در غشای سلول‌های میکروبی می‌باشند. پلاسمای سرد در فشارهای اتمسفر می‌تواند توسط روش‌های مختلفی تهیه شود. یکی از این روش‌ها، روش تخلیه دی الکتریک (Dielectric barrier discharge) است که قابلیت تطبیق پذیری بالایی در عملکرد نشان می‌دهد و می‌تواند در فرآوری غذا مورد استفاده قرار گیرد (۵، ۴). از انواع کاربردهای پلاسما در صنعت غذا می‌توان به طولانی نمودن مدت ماندگاری محصولات، استفاده به عنوان آفت کش، بهبود ویژگی‌های نشاسته، ممانعت از اکسیداسیون یا بدرنگی و ایجاد بوی بد در محصولات سبزی، میوه و لبنیات، تیمار آب زائد تولیدی در صنعت و از بین بردن سموم قارچی و عوامل آلرژن اشاره کرد (۶). رادیکال‌های آزاد اکسیژن تولید شده طی فرآیند با پلاسما اکثراً به فرم رادیکال‌های هیدروکسیل، پراکسید هیدروژن و آنیون‌های سوپراکسید می‌باشند که نقش اساسی در عملکرد این فن آوری دارند، با این وجود استفاده از این فن آوری در محصولات غنی از چربی مانند انواع گوشت ماکیان، غذاهای دریایی و گوشت گاو اثرات نامطلوبی به دلیل اکسیداسیون چربی‌ها ایجاد می‌کند (۷).

کارایی پلاسما به عوامل متعددی بستگی دارد، که این متغیر ها به یکدیگر وابسته اند. به عنوان مثال نوع گاز فرآیند اساساً ماهیت و مقادیر گونه‌های واکنشی تولید شده در حین تخلیه را تعیین می کند. گونه‌های فعال تولید شده وابسته به فرکانس و ولتاژ ورودی هستند، یعنی مقادیر بالاتر فرکانس و ولتاژ با افزایش چگالی انرژی ارتباط دارد. به صورت مشابه در مطالعه‌ای نشان داده شد که افزایش ولتاژ باعث افزایش کارایی ضد میکروبی از طریق افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و نیتروژن می شود (۸). پیازچه یکی از سبزیجاتی است که عمدتاً به صورت خام مصرف می شود و امکان آلودگی با انواع میکروارگانیزم‌های روده‌ای به خصوص *اشیرشیاکلی* و *سالمونلا* به دلیل استفاده از آب آلوده برای آبیاری در طی کشت را دارد. استفاده از انواع روش‌های آلودگی زدایی برای سبزیجات زمانی کاربرد خواهد داشت که روش مورد نظر باعث حداقل کاهش در فاکتورهای کیفی و تغذیه‌ای گردد. مطالعات مختلف نشان داده‌اند برگ‌های پیازچه سبز دارای بالاترین محتوی ترکیبات فنلی و خاصیت آنتی اکسیدانی می‌باشند که به دلیل حضور انواع فلاونوئیدها مانند میرسیتین (Myricetin)، کوئرستین (Quercetin)، کمپفرول (Kaempferol)، آپیگنین (Apigenin) و لوتئولین (Luteolin) می‌باشد (۸). ویتامین C و آنتی اکسیدان‌ها هر دو عوامل آنتی اکسیدانی بسیار قوی بوده و دارای فعالیت بیولوژیکی سینرژیست می‌باشند (۹). قدرت اکسیداتیو بالای پلاسمای سرد و اثرات ضد میکروبی این فن آوری باعث شده است که از این فن آوری در فرآیند سبزیجات و میوه‌جات برش خورده تازه استفاده شود از طرف دیگر در این فن آوری گونه‌های فعال مانند یون‌های هیدروکسیل تولید می‌شوند که می‌توانند باعث اکسیداسیون ترکیبات زیست فعال مانند ویتامین C و پلی فنل‌ها و کاهش ویژگی‌های آنتی اکسیدانی سبزیجات و میوه‌جات شوند (۱۰). از این‌رو هدف از مطالعه حاضر کاهش از بین رفتن ویژگی آنتی اکسیدانی در سبزی پیازچه تیمار شده توسط پلاسمای سرد از نوع تخلیه سد دی الکتریک از طریق انتخاب بهینه میزان ولتاژ، زمان و فاصله الکترودها می‌باشد که در ادامه مطالعه میزان ماندگاری پیازچه در شرایط بهینه بدست آمده در شرایط یخچالی (۴°C) تحت بررسی قرار می‌گیرد.

• مواد و روش‌ها

مشخصات مواد اولیه

پیازچه تازه از یک مرکز فروش سبزی و میوه در تبریز تهیه گردیده و در فاصله زمانی کم به صورت تازه به آزمایشگاه منتقل گردید. تمام مواد شیمیایی مورد استفاده شامل ۲ و ۶ دی کلرو فنل اندوفنل،اسید اگزالیک، استات روی، فروسیانورپتاسیم، متانول و ۲،۲- دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازین (DPPH) از درجه آنالیتیک بوده و از شرکت مرک (آلمان) تهیه شدند.

پلاسمای سرد

در این پژوهش از سامانه مولد پلاسما از نوع تخلیه سد دی الکتریک با ولتاژ بالا در محدوده ۲۰-۰کیلو ولت، فرکانس ۱۸ کیلو هرتز و توان ۳۰ وات استفاده شد. ولتاژ خروجی این منبع تغذیه توسط یک واریاک کنترل می شد. نمونه پیازچه (۵ گرم) بین دو الکترود که جنس الکترود بالایی و پایینی به ترتیب شیشه و استیل بود قرار داده شد. نمونه‌های پیازچه درون یک پلیت شیشه ای به قطر ۱۰ سانتیمتر و حدود ۴۰ میلی لیتر آب مقطر استریل غوطه ور شده و تحت پلاسمادهی قرار گرفتند.

طراحی آزمایش

روش طراحی سطح-پاسخ از نوع باکس بنکن (*Box–Behnken design*) به‌کار گرفته شد. بهینه سازی توسط تنظیم متغیرهای مستقل ولتاژ، فاصله الکترود بالایی از سطح آب موجود در پلیت و زمان اعمال پلاسما به ترتیب در سطوح ۶، ۸/۵ و ۱۱ کیلو ولت، ۴، ۷ و ۱۰ سانتی‌متر و ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه به عمل آمد. ترکیبی از متغیرهای مستقل که باعث بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی و حفظ ویتامین C شد به عنوان حالت بهینه اعمال پلاسما در نظر گرفته شد. رگرسیون با استفاده از

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1402.18.3.7.8]

حداقل مربعات جهت برازش داده‌ها برای هر کدام از پاسخ‌ها با مدل کوآدراتیک استفاده شد (معادله ۱).

معادله (۱)

$$Y_n = \beta_0 + \sum_{i=1}^{3}\beta_i X_i + \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=2\,j>1}^{3}\beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^{3}\beta_{ii} X_i^2$$

β_0 ثابت مدل، β_i ضریب خطی، β_{ij} ثابت اثر اینتراکشن، β_{ii} ضریب کوآدراتیک و X ها مقادیر مختلف متغیرهای مستقل می باشند.

جهت بررسی صحت عملکرد مدل در نقطه بهینه پیشنهاد شده از معادله (۲) استفاده گردید.

معادله (۲)

$$\text{درصد خطا} = \frac{\text{پیش بینی شده-آزمایش شده}}{\text{آزمایش شده}} \times ۱۰۰$$

تأثیر اعمال پلاسما در حالت بهینه بر فعالیت آنتی اکسیدانی، حفظ ویتامین C و مشخصات ارگانولپتیک برگ‌های پیازچه طی ۱۰ روز نگهداری در دمای یخچال (۴°C) برآورد شد.

اندازه گیری محتوای ویتامین C

محتوای ویتامین C برگ‌های پیازچه مطابق با Léchaudel و همکاران (۲۰۱۸) تعیین شد (۱۱).

فعالیت آنتی اکسیدانی

فعالیت آنتی اکسیدانی برگ‌های پیازچه مطابق با Abbasi و همکاران (۲۰۱۵) تعیین گردید (۱۲).

ویژگی‌های حسی

ویژگی‌های حسی (بو، رنگ و پذیرش کلی) برگ پیازچه تیمار نشده و تیمار شده با پلاسمای سرد طی ۱۰ روز نگهداری در دمای ۴°C با استفاده از روش رتبه‌دهی بررسی گردید. در این ارزیابی از ۲۸ ارزیاب نیمه آموزش دیده استفاده گردید. از ارزیابان خواسته شد تا بو، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌ها را در روزهای ۰، ۳، ۵، ۷ و ۱۰ بین ۱ تا ۵ (۱= بسیار نامطلوب و ۵= بسیار مطلوب) رتبه دهند.

تجزیه و تحلیل آماری

جهت بهینه سازی از نرم افزار مینی تب (نسخه ۱۸) و روش سطح-پاسخ در قالب باکس بنکن دیزاین با ۵ تکرار در نقطه مرکزی و در ۳ تکرار و در ۳ بلوک انجام شد. برای بررسی معنی‌داری طی نگهداری برگ‌های پیازچه در دمای یخچالی (۴°C) از طرح با اندازه‌های تکراری و برای بررسی اختلاف بین دو گروه در زمان یکسان از آزمون تی-مستقل استفاده شد. جهت پی بردن به وجود اختلاف معنی‌دار بین داده‌های ارزیابی حسی در گروه تیمار شده با پلاسما و تیمار نشده از تست ناپارامتری *Mann–Whitney U* استفاده شد. سطح معنی‌داری در تمام آزمون‌ها α=۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

• یافته‌ها

بهینه یابی و اعتبارسنجی مدل

جدول ۱ تنظیمات مختلف دستگاه اعمال پلاسمای سرد به عنوان متغیرهای مستقل و مقادیر ویتامین C و میزان مهار رادیکال‌های آزاد را به عنوان متغیرهای وابسته در برگ‌های پیازچه نشان می دهد. ضرایب رگرسیونی مدل کوآدراتیک برای پاسخ مقدار فعالیت آنتی اکسیدانی و محتوای ویتامین C در جدول ۲ نشان داده شده است. آنالیز واریانس هر کدام از ضرایب مدل نشان داد که سطح معنی‌داری در رابطه با هر پاسخ وابسته متفاوت بود. در حالی که فاصله الکترود از سطح مایع تأثیر معنی‌داری در میزان فعالیت آنتی اکسیدانی نداشت ($p>$ ۰/۰۵) در رابطه با میزان ویتامین C تأثیر معنی‌دار نشان داد ($p <$ ۰/۰۵). در رابطه با هر دو پاسخ ضرایب کودراتیک تأثیر معنی‌دار شان دادند ($p <$ ۰/۰۵) و اینتراکشن ولتاژ× زمان در رابطه با هر دو پاسخ وابسته معنی‌دار بود ($p <$ ۰/۰۵). میزان بالای R^2 adjusted همراه با معنی‌دار نبودن عدم برازش مدل، می‌تواند به عنوان معیاری برای مناسب بودن مدل استفاده شود. شکل ۱ اثرات متقابل متغیرهای مستقل بر هر کدام از متغیرهای وابسته را نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است افزایش سطح ولتاژ، زمان و فاصله از کمترین مقدار باعث بهبود خواص آنتی اکسیدانی و محتوای ویتامین C می گردد ولی افزایش بیشتر در متغیرهای مستقل باعث کاهش در متغیرهای وابسته می گردد، به گونه‌ای که ماکزیمم فعالیت آنتی اکسیدانی و محتوی ویتامین C برابر با ۱۰/۹۹ ٪ و ۲۶۱/۶۰ میلی گرم به ازای ۱۰۰ گرم پیازچه به ترتیب در ولتاژ، زمان و فاصله برابر با ۸ کیلو ولت، ۸/۸۳ دقیقه و ۶/۶۰ سانتی‌متر حاصل گردید. معادله‌های رگرسیونی برای متغیرهای وابسته فعالیت آنتی اکسیدانی و میزان ویتامین C به ترتیب در معادلات ۳ و ۴ ذکر شده است:

معادله (۳)

Radical scavenging activity= -51.23+ 12.313 (voltage) + 1.164 (time) + 2.309 (distance) - 0.7375 (voltage×voltage) - 0.06567 (time×time)- 0.0964 (distance×distance) + 0.0140 (voltage×time) - 0.0990 (voltage×distance) - 0.0178 (time×diatance)

معادله (۴)

Vitamin (C)= -654.3 + 168.67 (voltage) + 25.56 (time) + 39.70 (distance) – 9.860 (voltage×voltage) – 1.1883 (time×time) -2.366 (distance×distance) -0.427 (voltage×time) -1.033 (voltage×distance) – 0.167 (time×distance)

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1402.18.3.7.8]

جدول ۱. مقادیر متغیرهای مستقل در تیمارهای مختلف توسط پلاسمای سرد و مقادیر متغیرهای وابسته

تیمار	ولتاژ (**kV**)	زمان (دقیقه)	فاصله (سانتی‌متر)	مهار رادیکال آزاد (٪)	ویتامین **C** (**mg/100 g**)
۱	۶	۵	۷	۷/۴۱	۱۹۹
۲	۱۱	۵	۷	۳/۶۱	۱۶۰/۶۶
۳	۶	۱۵	۷	۴/۹۵	۱۸۰
۴	۱۱	۱۵	۷	۱/۸۶	۱۱۹
۵	۶	۱۰	۴	۶/۹	۲۱۲
۶	۱۱	۱۰	۴	۴/۰۲	۱۷۲/۶۶
۷	۶	۱۰	۱۰	۷/۸۹	۱۸۹/۶۶
۸	۱۱	۱۰	۱۰	۲/۰۸	۱۱۹/۳۳
۹	۸/۵	۵	۴	۸/۵۴	۲۲۲
۱۰	۸/۵	۱۵	۴	۸/۰۹	۱۹۷/۳۳
۱۱	۸/۵	۵	۱۰	۸/۸۴	۲۱۸/۳۳
۱۲	۸/۵	۱۵	۱۰	۷/۳۲	۱۸۳/۶۶
۱۳	۸/۵	۱۰	۷	۹/۸۷	۲۵۸/۲

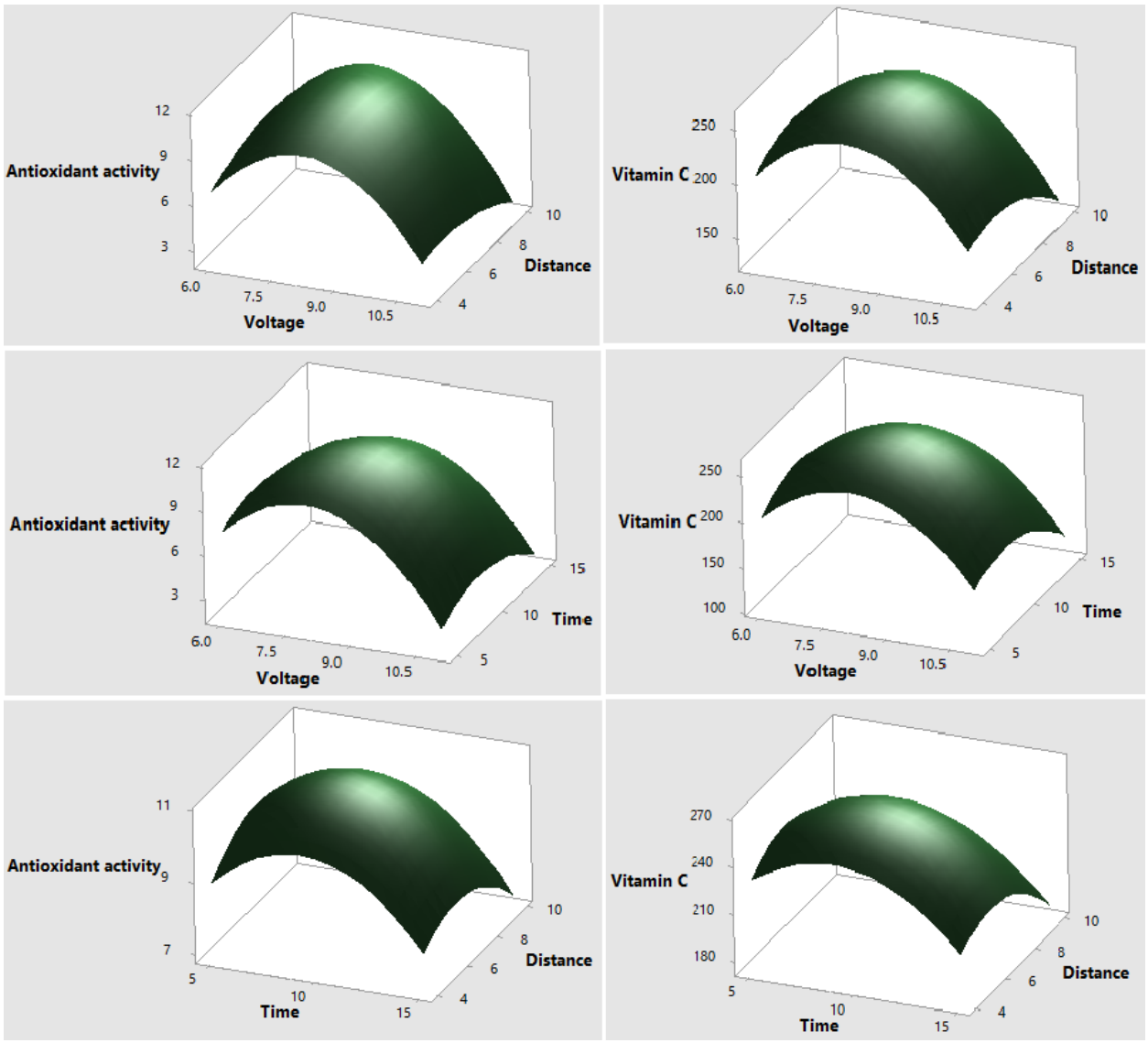
جدول ۲. آنالیز واریانس اثرات مقادیر متغیرهای مستقل ولتاژ، زمان و فاصله در فرآیند پلاسمای سرد بر مقادیر متغیرهای وابسته[۱]

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	مقدار F	مقدار P	درجه آزادی	مجموع مربعات	مقدار F	مقدار P
	مهار رادیکال آزاد (٪)				ویتامین C			
مدل	۱۱	۳۷۲/۵۲۶	۷۳/۱۷	۰/۰۰۰	۱۱	۷۷۶۲۲/۶	۱۲۴/۵۱	۰/۰۰۰
بلوک	۲	۳/۱۶۳	۳/۴۲	۰/۰۴۵	۲	۶/۵	۰/۰۶	۰/۹۴۴
A	۱	۹۰/۵۹۸	۱۹۵/۷۳	۰/۰۰۰	۱	۱۶۳۸۰/۴	۲۸۹/۰۳	۰/۰۰۰
B	۱	۱۴/۳۵۳	۳۱/۰۱	۰/۰۰۰	۱	۵۴۰۰/۰۰	۹۵/۲۸	۰/۰۰۰
C	۱	۰/۷۸۸	۱/۷۰	۰/۲۰۱	۱	۳۲۴۳/۴	۵۷/۲۳	۰/۰۰۰
A^2	۱	۲۳۵/۳۳۷	۵۰۸/۴۴	۰/۰۰۰	۱	۴۲۰۶۶/۲	۷۴۲/۲۶	۰/۰۰۰
B^2	۱	۲۹/۸۵۸	۶۴/۵۱	۰/۰۰۰	۱	۹۷۷۶/۳	۱۷۲/۵۰	۰/۰۰۰
C^2	۱	۸/۳۳۹	۱۸/۰۲	۰/۰۰۰	۱	۵۰۲۱/۶	۸۸/۶۱	۰/۰۰۰
AB	۱	۰/۳۶۷	۰/۷۹	۰/۳۷۹	۱	۳۴۱/۳	۶/۰۲	۰/۰۲۰
AC	۱	۶/۶۱۶	۱۴/۲۹	۰/۰۰۱	۱	۷۲۰/۸	۱۲/۷۲	۰/۰۰۱
BC	۱	۰/۸۵۳	۱/۸۴	۰/۱۸۴	۱	۷۵/۰	۱/۳۲	۰/۲۵۸
خطا	۳۳	۱۵/۲۷۵			۳۳	۱۸۷۰/۲		
عدم برازش	۲۷	۹/۴۹۰	۰/۳۶	۰/۹۶۷	۲۷	۱۶۱۸/۹	۱/۴۳	۰/۳۴۷
خطای خالص	۶	۵/۷۸۴			۶	۲۵۱/۳		
کل	۴۴	۳۸۷/۸۰۱			۴۴	۷۹۴۹۲/۸		
R^2 adjusted		٪ ۹۴/۷۵				٪ ۹۶/۸۶		

[۱] A: ولتاژ، B: زمان، C: فاصله

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1402.18.3.7.8]



شکل ۱. اثر متقابل متغیرهای مستقل بر فعالیت آنتی اکسیدانی و محتوی ویتامین C

به منظور اعتبارسنجی مدل‌های فوق، میزان ویتامین C و فعالیت آنتی اکسیدانی برگ‌های پیازچه در مقادیر ولتاژ، زمان و فاصله بهینه در شرایط آزمایشگاهی و پیش‌بینی شده محاسبه شده و درصد خطا با استفاده از معادله (۲) برآورد شد. نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است. مقادیر درصد خطای کمتر از ۱۰ درصد نشان دهنده صحت مدل بدست آمده می باشد.

جدول ۳. بررسی میزان خطای مدل‌های بدست آمده در مقادیر ولتاژ، زمان و فاصله بهینه پلاسمای سرد

آزمون	مقدار پیش بینی شده	مقدار بدست آمده	درصد خطا
مهار رادیکال آزاد (٪)	۱۰/۹۹	۱۰/۵۰	۴/۶۶
ویتامین C	۲۶۱/۶۰	۲۶۵/۵۷	۱/۴۹

تأثیر پلاسما بر فعالیت آنتی اکسیدانی و محتوای ویتامین C برگ پیازچه طی نگهداری در ۴°C

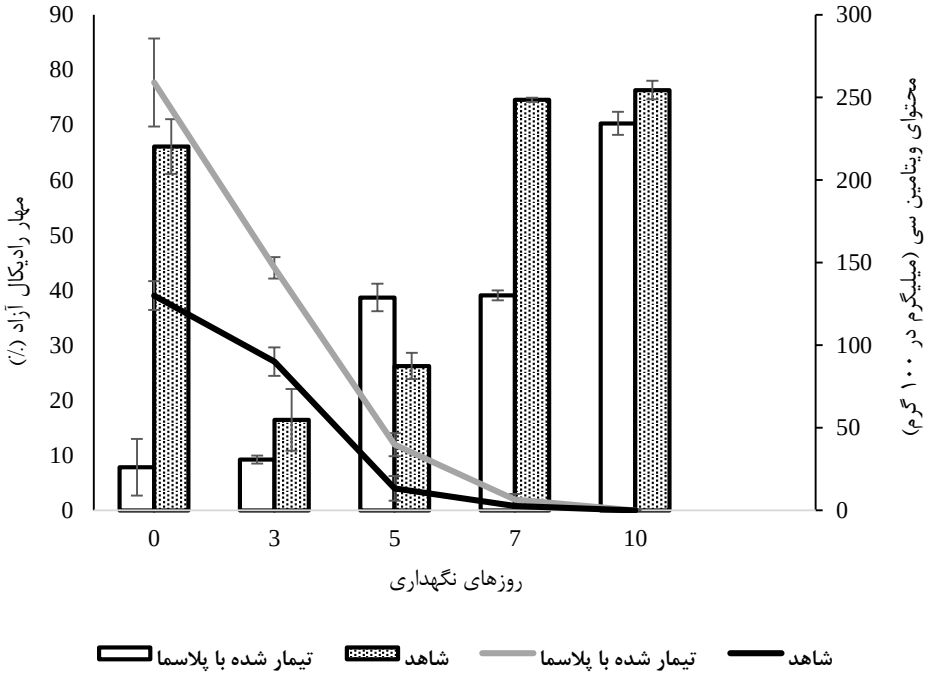
تیمار پلاسمای سرد در ولتاژ ۸ کیلو ولت، به مدت ۱۰ دقیقه و در فاصله الکترود بالایی از سطح مایع برابر با ۷ سانتی‌متر، برای بررسی اثر تیمار پلاسمای سرد بر خواص غذایی و حسی برگ‌های پیازچه نگهداری شده در دمای ۴°C انتخاب شد. در نمونه‌های تیمار شده با پلاسما میزان ویتامین C به صورت معنی‌داری بالاتر از نمونه کنترل در تمام روزهای نگهداری ارزیابی شد (شکل ۲). میزان ویتامین C در طول روزهای نگهداری در هر دو گروه در دمای ۴°C کاهش یافت تا جایی که این میزان در روز ۱۰ به صفر رسید. نمونه‌های تیمار شده با پلاسمای سرد توانایی مهار رادیکال‌های آزاد کمتری نسبت به نمونه کنترل در روز صفر نشان دادند ($p<۰/۰۵$). برخلاف نتایج ویتامین C، توانایی مهار رادیکال‌های آزاد نمونه‌های تیمار شده با پلاسمای سرد روند کلی افزایشی را تا پایان نگهداری نشان

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1402.18.3.7.8]

داد. در رابطه با نمونه کنترل میزان مهار رادیکال‌های آزاد تا روز سوم کاهش نشان داد سپس روند افزایشی تا پایان روز ۱۰ مشاهده شد.

تأثیر پلاسما بر حفظ ویژگی‌های حسی برگ پیازچه طی نگهداری در ۴°C

نتایج اندازه گیری اثر تیمار پلاسمای سرد بر ارزیابی حسی برگ پیازچه نشان داد که نمونه‌های برگ پیازچه تیمار شده با تیمار پلاسمای سرد در تمام روزهای ارزیابی امتیاز بالاتری نسبت به نمونه شاهد کسب کردند که این افزایش بخصوص در رابطه با مشخصه رنگ تقریباً در تمام روزهای نگهداری معنی‌دار بود (جدول ۴). در طی دوره نگهداری ۰ تا ۱۰ روزه، امتیاز داده شده توسط ارزیابان به نمونه شاهد و تیمار شده برگ پیازچه کاهش یافت هر چند که این کاهش معنی‌دار نبود ($p>0/05$). نتایج حاکی از تأثیر مثبت تیمار با پلاسما بر حفظ ویژگی‌های برگ پیازچه بود.



شکل ۲. محتوای ویتامین C و فعالیت آنتی اکسیدانی برگ‌های پیازچه طی نگهداری در ۴°C

جدول ۴. امتیاز بدست آمده از ارزیابی حسی برگ‌های پیازچه طی نگهداری در ۴°C [۱،۲]

تیمارها		روزهای نگهداری				
		۰	۳	۵	۷	۱۰
شاهد	رنگ	^{a}۳/۲۸±۰/۹۱	^{a}۲/۱۴±۱/۲۳	^{a}۲/۳۵±۱/۰۸	^{a}۳/۳۵±۰/۸۴	^{a}۲/۰۷±۰/۸۲
تیمار شده با پلاسما		^{b}۴/۳۵±۰/۶۳	^{b}۳/۳۵±۱/۰۸	^{b}۳/۵۷±۰/۹۳	^{a}۳/۰±۰/۹۶	^{b}۳/۰۷±۰/۹۹
شاهد	بو	^{a}۳/۳۵±۱/۲۱	^{a}۲/۹۲±۱/۲۶	^{a}۲/۵۰±۱/۰۹	^{a}۳/۰۷±۱/۰۷	^{a}۲/۸۷±۱/۰۹
تیمار شده با پلاسما		^{a}۳/۶۴±۱/۱۵	^{b}۳/۹۲±۰/۷۳	^{b}۳/۴۲±۱/۱۵	^{a}۳/۳۵±۰/۹۲	^{a}۲/۵۷±۱/۱۵
شاهد	پذیرش کلی	^{a}۳/۷۸±۰/۶۹	^{a}۲/۱۴±۱/۱۶	^{a}۲/۵۰±۱/۲۲	^{a}۰/۸۷±۳/۰	^{a}۲/۵۰±۱/۱۶
تیمار شده با پلاسما		^{a}۴/۰±۰/۷۸	^{b}۳/۷۱±۰/۹۹	^{b}۳/۷۱±۰/۹۹	^{a}۳/۱۴±۰/۹۴	^{a}۲/۶۴±۱/۱۵

[۱] داده ها به صورت میانگین ± انحراف استاندارد بیان می شوند.

[۲] میانگین‌های موجود در یک ستون با حروف مختلف دارای اختلاف معنی‌دار ($p< 0/05$) می باشند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1402.18.3.7.8]

• بحث

بهینه سازی شرایط اعمال پلاسما

بهینه سازی فاکتورهای عمده‌ی موثر بر هر فرآیند قبل از اعمال آن ضروری می‌باشد. Rodríguez و همکاران (۲۰۱۷) اثرات استفاده از پلاسمای سرد بر محتوای ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی اکسیدانی و محتوای ویتامین C بررسی کردند. نتایج حاکی از افزایش محتوای پلی فنلی، آنتی اکسیدانی و محتوای ویتامین C بعداز تیمار توسط پلاسما بود، هر چند تماس بیش از حد با پلاسما منجر به کاهش ترکیبات زیست فعال گردید که لزوم بهینه سازی شرایط فرآیند را نشان می‌دهد (۱۳) نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر نشان داد افزایش در میزان ولتاژ و زمان تا میزان خاصی کارایی بالایی در حفظ ویتامین C و فعالیت آنتی اکسیدانی داشت ولی افزایش بیشتر باعث کاهش در مقادیر متغیرهای وابسته شد. هر چند ذکر این نکته ضروری است که هدف استفاده از پلاسما تأثیر بسیار بالایی در مقادیر متغیرهای مستقل دارد. به عبارتی دیگر بایستی مشخص شود که هدف حفظ ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی و افزایش طول عمر ماندگاری است یا هدف آلودگی زدایی و از بین بردن میکروارگانیزم‌های بیماریزا می‌باشد. برای مثال در مطالعه‌ی قبلی Kazemzadeh و همکاران تأثیر بیشتر پلاسمای سرد بر از بین بردن فلور میکروبی طبیعی برگ‌های پیازچه (بیشتر از log ۳ کاهش) و *سالمونلا انتریکای* تلقیح شده در برگ‌های پیازچه در ولتاژ پایین (۶ کیلو ولت) نسبت به ولتاژهای بالاتر بدست آمد (۱۴)، یا استفاده از پلاسمای سرد برای کاهش آمین‌های بیوژن موجود در شراب قرمز موفقیت آمیز بود و بالاترین کاهش طی ۱۰ دقیقه اعمال پلاسما و با استفاده از گازهای هلیم/اکسیژن بدست آمد (۱۵). نتیجه مطالعه حاضر حاکی از عدم معنی‌داری فاصله در میزان فعالیت آنتی اکسیدانی برگ‌های پیازچه تیمار شده توسط پلاسما بود در حالی که هر سه متغیر مستقل ولتاژ، زمان و فاصله اثر معنی‌داری در میزان ویتامین C برگ‌های پیازچه داشتند. در کل نتیجه حاصل از این مطالعه و مطالعه قبلی (۱۴) نشان می دهد مقادیر بهینه ولتاژ یا زمان با توجه به متغیرهای وابسته مورد نظر می‌تواند متفاوت باشد.

تأثیر پلاسما بر فعالیت آنتی اکسیدانی و محتوای ویتامین C برگ پیازچه طی نگهداری در ۴°C

محتوای ویتامین C برگ‌های پیازچه بعداز اعمال پلاسما به صورت فزاینده‌ای افزایش داشت. به صورت مشابه Leite و همکاران (۲۰۲۱) افزایش در محتوای ویتامین C آب سیب بعداز اعمال پلاسما مشاهده کردند، هر چند در این مطالعه افزایش زیست دسترسی ویتامین C نیز بعداز اعمال پلاسما گزارش شده است (۱۶). افزایش میزان ویتامین C در نمونه تیمار شده توسط تیمار پلاسما نسبت به نمونه تیمار نشده می‌تواند مربوط به اثر پلاسما بر فعال شدن دهیدروآسکوربات ردوکتاز، آنزیمی با توانایی تبدیل فرم اکسید شده اسید آسکوربیک (مولکول دهیدروآسکوربیک اسید) به اسید آسکوربیک از طریق چرخه آسکوربات-گلوتاتیون باشد. افزایش غلظت اسید اسکوربیک زمانی اتفاق می‌افتد که سرعت پلاسما و زمان اعمال تیمار کم باشد و تولید اسید اسکوربیک به دلیل فعال‌سازی دهیدروآسکوربات ردوکتاز بیشتر از فروپاشی اسید آسکوربیک به دلیل تعامل آن با سایر گونه‌های فعال باشد (۱۰). طی زمان نگهداری محتوای ویتامین C در هردو نمونه تیمار شده و کنترل کاهش داشت به گونه‌ای که در روز ۱۰ تقریباً به صفر رسید. کاهش شدید محتوای ویتامین C در نمونه تیمار شده با پلاسما می تواند به برهمکنش گونه‌های رادیکال فعال با ترکیبات زیست فعال مانند ویتامین C و پلی فنل‌ها مربوط شود (۱۷).

میزان فعالیت آنتی اکسیدانی برگ پیازچه بعداز اعمال پلاسما به طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود. علت این کاهش می‌تواند مربوط به ازن تولید شده در طول تیمار با پلاسما باشد که نقش مهمی در شکاف اکسیداتیو کروموفورها مانند کلروفیل a از طریق شکست پیوندهای دوگانه مزدوج دارد (۱۸). از طرف دیگر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی طی نگهداری برگ‌های پیازچه در یخچال افزایش نشان داد. در حالی که Amini و Ghoranneviss (۲۰۱۶) نشان دادند اعمال پلاسما باعث تغییر در محتوای آنتی اکسیدانی گردوهای تازه و خشک نشد ولی به صورت مشابه با مطالعه حاضر در طی دوره نگهداری باعث افزایش میزان فعالیت آنتی اکسیدانی شد (۱۹). این افزایش می‌تواند به این دلیل باشد که پلاسما باعث یک شکست آرام در سلول ها می شود و به تدریج ترکیبات فنولی که در واکوئول ها نگهداری شده‌اند و یا به پکتین و یا لگنین متصل شده‌اند در طی زمان نگهداری آزاد شده و باعث افزایش در مقدار رادیکال‌های آزاد می شوند (۱۸).

تأثیر پلاسما بر حفظ ویژگی‌های حسی برگ پیازچه طی نگهداری در ۴°C

نتایج اندازه‌گیری اثر تیمار پلاسمای سرد بر ارزیابی حسی برگ پیازچه نشان داد، امتیاز داده شده توسط ارزیابان به نمونه-های برگ پیازچه تیمار شده با پلاسمای سرد به رنگ، بو و پذیرش کلی در اکثر روزهای ارزیابی به صورت معنی‌دار بالاتر از نمونه شاهد بود. رنگ بهتر نمونه‌های تیمار شده با پلاسمای سرد می تواند مربوط به اثر مهاری پلاسما بر روی آنزیم‌های

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1402.18.3.7.8]

عامل قهوه ای شدن آنزیمی از جمله پلی فنل اکسیداز و پراکسیداز باشد که ممانعت این آنزیم ها می‌تواند قهوه‌ای شدن و در نتیجه بدرنگی ناشی از فعالیت آنزیمی را به تاخیر بیندازد (۲۰). از سوی دیگر، انواع رنگدانه‌های گیاهی به میزان متفاوت تحت تأثیر پلاسما قرار می‌گیرند. برای مثال گزارش شده است که سیب سبز و خیار که حاوی کلروفیل هستند به میزان کمتر از هویج که حاوی کاروتنوئید است تحت تأثیر پلاسما قرار گرفته و تخریب می شوند (۱۸)، از این رو مقادیر بالای کلروفیل موجود در برگ‌های پیازچه نسبت به کلروفیل می‌تواند تأثیر حداقلی پلاسما بر نمونه‌های برگ پیازچه تیمار شده را توضیح دهد. نمونه‌های تیمار شده با پلاسمای سرد تا پایان ۵ روز دارای بوی عاری از فساد بودند. اثرات مثبت پلاسما بر بوی نمونه ها را می توان به اثرات ضد باکتریایی آن بر روی فلور فساد طبیعی برگ پیازچه مرتبط دانست (۲۱). به طور کلی اثرات پلاسمای سرد بر خواص غذایی و حسی میوه ها و سبزیجات مرتبط با تنظیمات تجهیزات پلاسمای سرد است و بنابراین بهینه سازی متغیرهای عملیاتی در این راه ضروری خواهد بود. طعم و عطر نامطلوب به دلیل تیمار با پلاسما در مورد غذاهای با محتوای چربی بالا که مستعد اکسیداسیون لیپید هستند مشاهده شده است.

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پلاسما می‌تواند جایگزین فرآیندهای معمول جهت افزایش مدت زمان ماندگاری محصولات سبزی گردد. هر چند در این زمینه چالش‌هایی وجود دارد تا بتوان از این فن آوری به صورت گسترده در صنایع میوه و سبزی استفاده کرد که از جمله می‌توان به هزینه فرآیند و کنترل فرآیند اشاره کرد. از دیدگاه تجاری، دستگاه باید ارزان باشد .پیش‌بینی آینده‌ای عالی برای کاربردهای پلاسما که از گازهای نجیب گران قیمت برای ضدعفونی کردن سطح میوه و سبزی یا افزایش طول مدت ماندگاری استفاده می‌کنند، دشوار است. در حالت ایده آل، منابع پلاسما که قادر به یونیزه کردن هوا مانند مطالعه حاضر هستند برای صنایع غذایی مناسب خواهند بود. اگر بتوان منابع پلاسما با چنین قابلیت هایی را به صورت تجاری ساخت، فناوری پلاسما مقبولیت گسترده‌ای پیدا خواهد کرد. کنترل عوامل درگیر در فرآیند بایستی به گونه‌ای انجام شود که طی فرایند حداقل آسیب به مشخصات تغذیه‌ای و حداکثر آسیب به میکروارگانیزم‌ها وارد گردد. مطالعه حاضر تأثیر سه متغیر زمان، ولتاژ و فاصله دو الکترود را بر میزان حفظ ویژگی‌هایی آنتی اکسیدانی و تغذیه‌ای پیازچه سبز بررسی کرد، هر چند در انواع مختلف پلاسما می‌توان فاکتورهای دیگر نیز توان، میزان فرکانس، جریان، نوع گاز و جریان گاز را بهینه سازی نمود تا بتوان به بهترین کیفیت محصول بعداز تیمار با پلاسما رسید.

سپاس‌گزاری

این تحقیق توسط دانشگاه علوم پزشکی تبریز و با شماره گرنت ۶۶۲۷۶ حمایت مالی شده است و در آزمایشگاه شیمی دانشکده تغذیه و علوم غذایی علوم پزشکی تبریز به انجام رسیده است، بدین وسیله از واحدهای مزبور تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Liao X, Li J, Muhammad AI, Suo Y, Ahn J, Liu D, et al. Preceding treatment of non-thermal plasma (NTP) assisted the bactericidal effect of ultrasound on Staphylococcus aureus. Food Control. 2018;90:241-8.
2. Misra N, Jo C. Applications of cold plasma technology for microbiological safety in meat industry. Trends in Food Science & Technology. 2017;64:74-86.
3. Han Y, Cheng J-H, Sun D-W. Activities and conformation changes of food enzymes induced by cold plasma: A review. Critical reviews in food science and nutrition. 2019;59(5):794-811.
4. Lee ES, Jeon YJ, Min SC. Microbial inactivation and quality preservation of chicken breast salad using atmospheric dielectric barrier discharge cold plasma treatment. Foods. 2021;10(6):1214.
5. Pankaj S, Misra N, Cullen P. Kinetics of tomato peroxidase inactivation by atmospheric pressure cold plasma based on dielectric barrier discharge. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2013;19:153-7.
6. Sarangapani C, Patange A, Bourke P, Keener K, Cullen P. Recent advances in the application of cold plasma technology in foods. Annual review of food science and technology. 2018;9:609-29.
7. Ganesan AR, Tiwari U, Ezhilarasi P, Rajauria G. Application of cold plasma on food matrices: A review on current and future prospects. Journal of Food Processing and Preservation. 2021;45(1):e15070.
8. Bahorun T, Luximon- Ramma A, Crozier A, Aruoma OI. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2004;84(12):1553-61.
9. Franke AA, Custer LJ, Arakaki C, Murphy SP. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. Journal of Food Composition and Analysis. 2004;17(1):1-35.
10. Ramazzina I, Berardinelli A, Rizzi F, Tappi S, Ragni L, Sacchetti G, et al. Effect of cold plasma treatment on physico-chemical parameters and antioxidant activity of minimally processed kiwifruit. Postharvest Biology and Technology. 2015;107:55-65.
11. Léchaudel M, Darnaudery M, Joët T, Fournier P, Joas J. Genotypic and environmental effects on the level of ascorbic acid, phenolic compounds and related gene

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1402.18.3.7.8]

expression during pineapple fruit development and ripening. Plant Physiology and Biochemistry. 2018;130:127-38.

12. Abbasi AM, Shah MH, Li T, Fu X, Guo X, Liu RH. Ethnomedicinal values, phenolic contents and antioxidant properties of wild culinary vegetables. Journal of Ethnopharmacology. 2015;162:333-45.
13. Rodríguez Ó, Gomes WF, Rodrigues S, Fernandes FA. Effect of indirect cold plasma treatment on cashew apple juice (Anacardium occidentale L.). Lwt. 2017;84:457-63.
14. Kazemzadeh P, Khorram S, Mahmoudzadeh M, Ehsani A. Effect of atmospheric cold plasma (ACP) on chlorine-adapted Salmonella enterica on spring onion. Letters in Applied Microbiology. 2022;75(5):1307-18.
15. Niedźwiedź I, Płotka-Wasylka J, Kapusta I, Simeonov V, Stój A, Waśko A, et al. The impact of cold plasma on the phenolic composition and biogenic amine content of red wine. Food Chemistry. 2022;381:132257.
16. Leite AK, Fonteles TV, Miguel TB, da Silva GS, de Brito ES, Alves Filho EG, et al. Atmospheric cold plasma frequency imparts changes on cashew apple juice composition and improves vitamin C bioaccessibility. Food Research International. 2021;147:110479.
17. Waghmare R. Cold plasma technology for fruit based beverages: A review. Trends in Food Science & Technology. 2021;114:60-9.
18. Lacombe A, Niemira BA, Gurtler JB, Fan X, Sites J, Boyd G, et al. Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes. Food microbiology. 2015;46:479-84.
19. Amini M, Ghoranneviss M. Effects of cold plasma treatment on antioxidants activity, phenolic contents and shelf life of fresh and dried walnut (Juglans regia L.) cultivars during storage. Lwt. 2016;73:178-84.
20. Punia Bangar S, Trif M, Ozogul F, Kumar M, Chaudhary V, Vukic M, et al. Recent developments in cold plasma-based enzyme activity (browning, cell wall degradation, and antioxidant) in fruits and vegetables. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2022;21(2):1958-78.
21. Sharma R, Reddy SVR, Sethi S. Cold plasma technology for surface disinfection of fruits and vegetables. Postharvest disinfection of fruits and vegetables: Elsevier; 2018. p. 197-209.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1402.18.3.7.8]

Investigating Nutritional, Antioxidant and Sensory Characteristics of the Spring Onions Treated by Cold Plasma

Kazemzadeh P[1], Mahmoudzadeh M[2], Khorram S[3]*

1- Ms.c Graduated of Food Hygiene and Safety, Faculty of Nutrition and Food Science, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

*2- *Corresponding author: Assistant Prof, Dep of Food Science &Technology, Faculty of Nutrition and Food Science, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran. Email: mahmoudzadehm@tbzmed.ac.ir*

3- Assistant Prof, Dep of Plasma Physics, Faculty of Physics, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received 22 Jun, 2023 **Accepted 6 Aug, 2023**

Background and Objectives: Quality and shelf-life increases of vegetables are expected after processing by cold plasma. Optimizing process factors can be effective in persevering quality and nutritional characteristics and increasing shelf life of the vegetable products. Therefore, this study investigated optimization of the process factors of cold plasma as well as investigating shelf life of spring onions.

Materials and Methods: In this study, process factors of the dielectric barrier discharge type cold plasma including process times (5, 10 and 15 min), distances of the upper electrode from the water surface (4, 7 and 10 cm) and voltages (6, 8.5 and 11 kV) were optimized using response surface methodology. Then, changes in nutritional and sensory characteristics of the onion leaves treated by cold plasma in the optimal state of variables and during storage in the refrigerator (4 °C) were investigated.

Results: Results showed that the highest level of vitamin C retention and antioxidant activity of the onion leaves were achieved using 8 kV, 8.83 min and 6.6 cm. Plasma-treated leaves included higher vitamin C contents than that the control group did and showed increases in antioxidant activity during ten days of storage at refrigerator temperature.

Conclusion: Results of the study showed that the variables of voltage and process time included significant effects on improving antioxidant activity and vitamin C content of the onion leaves treated by cold plasma dielectric barrier discharge type.

Keywords: Onion, Cold plasma, Vitamin C, Antioxidant activity, Sensory

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1402.18.3.7.8]