شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

فصلنامه

# دانش آزمایشگاهی ایران

ISSN 2538-3450

سال دوازدهم ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۳ ■ شماره پیاپی ۴۷

## ریسک در بی‌طرفی آزمایشگاه

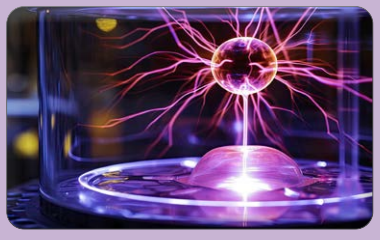
یازدهمین نشست سراسری مدیران مراکز عضو شبکه آزمایشگاهی

محصولات تراریخته: دوست یا دشمن

اندازه‌گیری وزن مولکولی ملکول‌های زیستی با استفاده از تجهیزات تفرق نور پویا

ارزیابی خطر ناشی از فلزات سنگین کادمیوم و سرب نمونه‌های گندم وارداتی در استان خراسان

کاربرد میکروسکوپ Cryo-FIB-SEM برای آماده‌سازی لاملا میکروسکوپ الکترونی عبوری کرایو از نمونه‌های زیستی منجمد



کاربرد پلاسمای سرد در کشاورزی و مواد غذایی

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir

نویسندگان
اسما گلمکانی[1*]، فهیمه محمودی[1]
۱. کارشناس آزمایشگاه مرکزی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد
*asmagolmakani@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۴

# کاربرد پلاسمای سرد در کشاورزی و مواد غذایی

واژه‌های کلیدی
پلاسمای سرد، مواد غذایی، محصولات کشاورزی، بار میکروبی.

## چکیده

مدیریت ایمنی و کیفیت محصولات غذایی در سراسر زنجیره غذایی برای جلوگیری از فساد و افزایش تولید ضروری است. پیشرفت‌های فوق‌العاده در بخش کشاورزی و فرآوری مواد غذایی برای برآوردن نیازهای غذایی انجام شده که بعضی از فرآیندهای شیمیایی و حرارتی فوری مورد استفاده برای تضمین بهداشت و ایمنی محصولات دارای معایبی هستند. پلاسمای سرد، جایگزینی مناسب برای بیشتر مسائل از جمله آلودگی خاک، آب، فساد میکروبی، هجوم حشرات و خواب طولانی مدت بذر، ماندگاری مواد غذایی و غیره است. پلاسما از نظر حفظ کیفیت و ایمنی محصولات، افزایش جوانه‌زنی، افزایش کارایی استخراج، افزایش رشد گیاه، حذف آلاینده‌های خطرناک از آب، خاک و محصولات کشاورزی به‌طور قابل توجهی بر زنجیره کشاورزی غذایی تأثیرگذار است. برهم‌کنش پلاسما با محصولات غذایی، میکروب‌ها، آلرژن‌ها، سموم، آنزیم‌ها بسته به نوع، رقم، رطوبت و ماهیت آفت‌کش‌ها، میکروب‌ها، آلاینده‌های شیمیایی و غلظت اولیه آنها متفاوت است. ترکیب گاز، سرعت جریان گاز، سطح توان، فرکانس، زمان مواجه با پلاسما و نوع محفظه پلاسما بسته به نوع محصول متغیر است. مزایای بالقوه از قبیل طبیعت غیرسمی، هزینه‌های عملیاتی پایین، کاهش قابل توجه مصرف آب طی فرآیندهای ضدعفونی، امکان کاربرد آن برای محصولات غذایی متنوع، تولید در محل، فرآیند پلاسما را پایدارتر و توجه زیادی را به خود جلب کرده است.

مقدمه

با افزایش علاقه به تغذیه سالم و رژیم‌های غذایی، تقاضا برای غذای فرآوری نشده افزایش یافته است. همان‌طور که می‌دانیم غذاها سریع از طریق انواع میکروارگانیسم‌هایی که فاقد ایمنی میکروبیولوژیکی باشند آلوده می‌شود که همین امر موجب ایجاد بیماری‌های متفاوت می‌شود [۱]. روش‌های غیرفعال‌سازی حرارتی از جمله پاستوریزه کردن، اتوکلاو کردن، گرمایش اهمی، کنسرو کردن و استریل کردن با بخار برای از بین بردن انواع باکتری‌ها، پاتوژن‌ها و قارچ‌ها استفاده می‌شوند [۲]، در حالی که همه این روش‌ها موفقیت‌آمیز و کارآمد هستند، معایب آنها شامل از دست دادن ارزش تغذیه‌ای، تغییر کیفیت حسی و کاهش کیفیت عملکردی مواد غذایی است [۳]. فرآیندهای جدید پردازش سرد و یا فرآیندهای غیر حرارتی از جمله اوزن، اشعه ماوراء بنفش، میدان الکتریکی پالس، فشار هیدرواستاتیک بالا، تابش، اولتراسوند و غیره برای غلبه بر مشکلات ذکر شده معرفی شده‌اند اما این فناوری‌ها نیز دارای معایبی همچون تجهیزات گران قیمت، تخصصی و کارکنان حرفه‌ای هستند [۴].

فرآیندهای غیر حرارتی در صنایع غذایی به مجموعه‌ای از روش‌ها اطلاق می‌شود که بدون استفاده از حرارت، به حفظ و یا بهبود کیفیت مواد غذایی کمک می‌کنند. این فرآیندها به‌عنوان جایگزین و یا مکمل روش‌های حرارتی سنتی مانند پاستوریزاسیون و یا استریلیزاسیون به‌کار می‌روند. این مزایا منجر به افزایش علاقه به روش‌های جایگزین برای فرآوری مواد غذایی شده‌است. یکی از این روش‌های جایگزین نسل جدید، فناوری پلاسمای سرد است [۵].

روش جدید فرآوری مواد غذایی به نام فناوری پلاسمای سرد، کاربردهای گسترده‌ای به ویژه در صنایع غذایی دارد. برای اطمینان از ایمنی و ماندگاری مواد غذایی مصرف کننده، پلاسمای سرد تاثیرات بهتری بر ضد آلودگی میکروبی انواع محصولات غذایی دارد [۶ و ۷].

## تعریف پلاسما

پلاسما پس از جامد، مایع و گاز به‌عنوان حالت چهارم ماده نامیده می‌شود [۸]. اصطلاح پلاسما به گازهایی اطلاق می‌شود که به‌صورت جزئی و یا کلی یونیزه شده باشند و باید از فوتون‌ها، یون‌ها و الکترون‌های آزاد و همچنین اتم‌ها در حالت‌های پایه یا برانگیخته خود تشکیل شوند و قادر به غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها هستند [۹]. گازهای مورد استفاده در تولید پلاسما می‌تواند نیتروژن، اکسیژن، هلیوم و یا آرگون باشد. گونه‌های واکنش‌گر در پلاسما به شرایط عملیات، نوع گاز، نوع و توان پلاسما بستگی دارند [۱۰]. پلاسما دارای بار خالص و خنثی است؛ زیرا تعداد بارهای مثبت و منفی که حمل می‌کند با هم برابر هستند. الکترون‌ها و فوتون‌های موجود در گازها بیشتر با عنوان گونه‌های سبک و بقیه اجزاء به‌عنوان گونه‌های سنگین نامیده شده‌اند. پلاسما شامل طیف گسترده‌ای از گونه‌های شیمیایی با واکنش‌پذیری بالا شامل $N_2$، $O_2$، $O_3$، $H_2O_2$، الکترون‌ها، یون‌ها، $N_2^+$، $OH^-$، $O^-$، $H^-$، $H_3O^+$، $O^+$، رادیکال‌ها $NO^\circ$، $OH^\circ$، $H^\circ$، $O^\circ$ است که دارای انرژی بالایی هستند [۱۱].

تولید پلاسما با استفاده از یک سری تغییرات و افزایش سطوح انرژی در یک ماده آغاز می‌شود و روند پیشرفت آن از جامد به مایع و سپس به گاز گسترش یافته و به شکل گاز یونیزه مشخصی به اوج می‌رسد. پلاسما را می‌توان براساس شرایط تولید آن به‌عنوان کم اتمسفر یا پرفشار طبقه‌بندی کرد. به‌طور کلی، پلاسما را می‌توان به پلاسمای تعادلی (حرارتی) و غیرتعادلی (دمای پائین) تقسیم‌بندی نمود. اگر گازی که برای دستیابی به یونیزاسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد به اندازه کافی در دمای بالا (به‌طور معمول به میزان ۲۰۰۰۰ کلوین) گرم شود، از آن به‌عنوان پلاسمای حرارتی یاد می‌شود. در پلاسمای حرارتی همه گونه‌های شیمیایی تشکیل دهنده، الکترون‌ها، یون‌ها در تعادل دمایی ترمودینامیکی هستند. پلاسمای دمای پائین را می‌توان به دو دسته پلاسمای شبه تعادلی (به‌طور معمول ۱۵۰-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) و پلاسمای غیرتعادلی (کمتر از ۶۰ درجه سانتی‌گراد) طبقه‌بندی نمود. در نوع اول، تعادل ترمودینامیکی موضعی در بین گونه‌ها وجود دارد در حالی که در نوع دوم، خنک‌سازی یون‌ها و مولکول‌های بدون بار موثرتر از انتقال انرژی از الکترون‌ها است و گاز در دمای پائین باقی می‌ماند، به همین دلیل به پلاسمای غیرتعادلی، پلاسمای سرد نیز گفته می‌شود. به‌طور معمول، پلاسماهای غیرتعادلی از تخلیه الکتریکی در گازها حاصل می‌شود [۱۰]. پلاسمای سرد یا همان پلاسمای اتمسفری و غیرحرارتی نوعی از پلاسما است که کمی یونیزه است (کمتر از ۱ درصد). این پلاسما می‌تواند در دمای اتاق (۲۹۰ تا ۳۰۰ کلوین) تشکیل شود که این خود مانع از تخریب حرارتی مواد حساس به دما خواهد شد. این نوع پلاسما نیز انواع مختلفی دارد که شامل موارد ذیل است:

- پلاسمای تخلیه تابش اتمسفری[۱]؛
- پلاسمای تخلیه تابش کرونا[۲]؛
- پلاسمای تخلیه الکتریکی کرونا[۳]؛
- پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک[۴]؛
- جت پلاسما فشار اتمسفری[۵]؛
- پلاسمای تخلیه میکروکاتد توخالی[۶]؛
- پلاسمای فرکانس رادیویی[۷]؛
- پلاسمای به هم پیوسته القایی[۸]؛
- پلاسمای ناشی از مایکروویو[۹]؛
- تخلیه قوس گلایدینگ[۱۰] [۸، ۱۰ تا ۱۲].

از این میان، جت پلاسما و پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک به دلیل ساختار ساده و کاربرد آسان و ارزان در تحقیقات صنایع غذایی بسیار مورد توجه و استفاده قرار می‌گیرند و از نظر تجاری در دسترس‌تر هستند. از این نوع پلاسما در صنایع غذایی به‌خصوص برای از بین بردن آلاینده‌های مواد غذایی خام، زیاد استفاده شده‌است.

## فناوری پلاسمای سرد در صنایع غذایی

پلاسمای سرد با اعمال میدان الکتریکی به گاز و به‌طور معمول هوا، اکسیژن، نیتروژن یا آرگون تولید می‌شود. این فرآیند، مولکول‌های گاز را یونیزه می‌کند و مخلوطی از ذرات باردار ایجاد می‌نماید. پس از تولید، پلاسمای سرد به سمت سطح غذا هدایت می‌شود، جایی که با هر گونه میکروارگانیسم موجود، از جمله باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها تعامل می‌کند. اجزای فعال پلاسمای سرد، مانند رادیکال‌های اتمی و مولکولی، یک سری واکنش‌های شیمیایی را در سلول‌های میکروبی آغاز می‌کنند. این امر منجر به از هم گسیختگی غشای سلولی، دناتوره شدن پروتئین‌ها و درنهایت، غیرفعال شدن عوامل بیماری‌زا می‌شود. برخلاف روش‌های سنتی، استریل‌سازی که بر دمای بالا متکی است، پلاسمای سرد کیفیت و یکپارچگی محصولات غذایی را حفظ می‌کند، آسیب حرارتی ایجاد نمی‌کند، ویژگی‌های حسی غذا را تغییر نمی‌دهد و باعث حفظ طعم محصول می‌شود. با کاهش موثر آلودگی میکروبی، پلاسمای سرد به افزایش عمر ماندگاری غذاهای فاسد شدنی کمک می‌کند. این امر نه تنها ضایعات مواد غذایی را کاهش می‌دهد، بلکه ایمنی مواد غذایی را در سراسر زنجیره تامین، از تولید تا مصرف، افزایش می‌دهد [۱۳ تا ۱۸].

## کاربردهای پلاسما در کشاورزی و صنایع غذایی

از کاربردهای پلاسما در کشاورزی و صنایع غذایی می‌توان به غیرفعال‌سازی میکروبی با استفاده از اچ کردن سطح و اصلاح DNA، حذف شیمیایی با اکسیداسیون، حذف آلرژن‌ها با اصلاح عملکرد پروتئین و لیپید، جوانه‌زنی با اصلاح سطح (ترشوندگی و اچ کردن سطح)، تحمل بذر با استفاده از شوک حرارتی، تولید پروتئین، ضدعفونی شدن با اثر سم عصبی، استخراج بیشتر اسانس با آسیب غدد روغنی، تاخیر قهوه‌ای شدن در اثر تغییر در ساختار ثانویه پروتئین‌ها و اصلاح زنجیره جانبی اسید آمینه و غیره را نام برد.

### تخریب میکروبی و غیرفعال‌سازی

واکنش‌های مختلف شیمیایی در طول تولید پلاسما شکل می‌گیرد. $O_3$، $O^+$، $OH^-$ و $H_2O_2$ گونه‌های اولیه مسئول غیرفعال‌سازی میکروبی هستند. پیوندهایی مانند C-N، C-O و C-C توسط گونه‌های اکسیژن فعال از بین می‌روند و بمباران شدید رادیکال‌ها باعث ایجاد ضایعات سطحی شده که منجر به اچ می‌شود و به شدت بر باکتری‌های گرم منفی تأثیر می‌گذارد. در مرحله اول، گونه‌های فعال لیپیدها، آنزیم‌ها و پروتئین‌ها، اسکلت سلولی را در غشا اکسید می‌کند و باعث تخریب دیواره سلولی می‌شود. DNA توسط فوتون‌های پر انرژی ماوراء بنفش که از اتم‌ها و یا مولکول‌های برانگیخته در ۲۲۰ تا ۲۸۰ نانومتر آزاد می‌شوند، تخریب شده و باعث تشکیل دایمرهای تیمین می‌شود و رشته‌های تک و دو رشته DNA پلاسمید را می‌شکنند که بر تکثیر سلولی و سایر عملکردها تأثیرگذار هستند [۱۹].

### حذف مواد شیمیایی و سموم

برهم‌کنش آفت‌کش‌ها با گونه‌های فعال پلاسما منجر به اکسیداسیون این ترکیبات شیمیایی و تخریب آنها می‌شود. جدای از اکسیداسیون، فرآیندهای میانی دیگری نیز در حین تخریب اتفاق می‌افتند و درنهایت، منجر به کانی‌سازی می‌شوند. حذف آفت‌کش‌ها و سایر آلاینده‌های آلی یا معدنی مسیرهای مختلفی را دنبال می‌کند و درنهایت، آلاینده‌ها به اجزای ساده غیرسمی مانند $CO_2$ و $H_2O$ تبدیل می‌شوند که براساس زمان تصفیه و طبیعت گونه‌های فعال کربن‌ها و سایر اجزای آلی یا معدنی اکسیداسیون، ایزومریزاسیون و حذف $CO_2$، $H_2O$ و یا برخی از واکنش‌های ضروری اتفاق می‌افتد [۲۰].

### مرگ و میر حشرات

اثر سم عصبی ناشی ازگونه‌های فعال اکسیژن[11] پلاسما بر سیستم عصبی عضلانی حشرات باعث مرگ و میر آنها می‌شود. این گونه‌ها از طریق مسیر تنفسی حشرات وارد می‌شوند و بر رفتار حشرات و سیستم ایمنی و گردش خون تأثیر می‌گذارند. سازوکارهای مرگ و میر حشرات با توجه به مراحل زندگی آنها متفاوت است. رامانان و همکاران، سازوکارهای مختلفی را در مرگ و میر حشره در مراحل تخم، لارو و بالغ گزارش کردند [۲۱].

### جوانه‌زنی بذر

عوامل زیادی بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده با پلاسما تأثیر می‌گذارند اما دلایل دقیق آن مشخص نیست. با این حال، چند دلیل قابل قبول عبارتند از: اچ کردن، باز شدن لایه‌های بذر، افزایش ترشوندگی بذر، رسوب مولکول‌های زیست فعال کوچک بر پوسته بذر و آلودگی‌زدایی از میکروب‌های سطح دانه اتفاق می‌افتد [۲۲].

### اصلاح عملکرد مواد غذایی

پلاسما ماهیت مواد تشکیل دهنده غذا و خواص آنها را تغییر می‌دهد. گونه‌های اکسیژن فعال با سولفور و آمینو اسیدهای آروماتیک موجود در پروتئین واکنش می‌دهد و در نتیجه، اکسیده می‌شود. گاهی اکسیداسیون (کربونیلاسیون) نیز به غیرفعال شدن آنزیم کمک می‌کند و همچنین ساختار ثانویه پروتئین‌ها و عملکرد آنها را تغییر می‌دهد. گونه‌های اکسیژن فعال به گروه‌های متیل در نزدیکی مناطق پیوند دوگانه حمله نموده و آنها را در لیپیدها اکسید می‌کند. در همین حال، کربوهیدرات‌ها، آلدوز و کتوز در طی اکسیداسیون اسید فرمیک را تشکیل می‌دهند [۲۳].

### تصفیه آب با پلاسما

آب یکی از منابع حیاتی برای فعالیت‌های کشاورزی است و به‌طور معمول توسط میکروب‌ها، فلزات سنگین و ترکیبات دارویی آلوده می‌شود. حذف این آلاینده‌ها می‌تواند کیفیت محصولات کشاورزی و تولید کلی را بهبود بخشد. گونه‌های فعال موجود در پلاسما می‌توانند اکسید شوند و آلاینده‌ها را از آب یا پساب حذف کنند. آب در طی تصفیه پلاسما و تولید آب فعال شده پلاسما[12]

براساس ماهیت گونه‌های فعال متفاوت است [۲۴].

### ■ اصلاح خاک

پسماندهای صنعتی و کشاورزی مانند فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها، نفت و فرآورده‌های آن باعث آلودگی خاک می‌شوند که می‌تواند بر انسان و اکوسیستم تأثیرگذار باشد. غلظت این آلاینده‌ها در خاک باید کاهش یابد تا از تلفات در تولید و آلودگی متقابل جلوگیری شود. در اصلاح خاک با استفاده از پلاسما، ولتاژ، فرکانس و سرعت جریان هوا، ضخامت خاک و نوع آن تأثیرگذار هستند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که فناوری پلاسما باعث کاهش قابل توجه رطوبت و افزایش کارایی خاک، حذف رنگ اسکارلت اسیدی از خاک و کاهش تخریب رنگ می‌شود [۲۵].

### ■ اصلاح بذر گیاهان

بهبود سرعت جوانه‌زنی و عملکرد کشاورزی نگرانی اصلی در افزایش تولید مواد غذایی است. با تغییر سرعت جوانه‌زنی و پتانسیل جوانه‌زنی به کمک پلاسمای سرد دو جنبه از فرآوری کشاورزی را بهبود می‌بخشد. پلاسمای سرد باعث افزایش جذب آب، زاویه تماس بیشتر، ترشوندگی و تحمل رشد بذر می‌شود که در شرایط بهینه فرآیند، این تغییرات می‌توانند بر تولید کلی محصولات غذایی با حمایت از رشد بذر و گیاه تأثیرگذار باشند [۲۶].

### ■ جوانه‌زنی و رشد گیاه

جوانه‌زنی عاملی مهم در تصمیم‌گیری کیفیت بذر است. استفاده از فناوری پلاسما باعث کاهش بار میکروبی روی سطح بذر، افزایش سرعت جوانه‌زنی و رشد، افزایش جذب آب، افزایش طول ریشه، طول جوانه، افزایش وزن ریشه، نسبت ریشه به اندام هوایی، ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، سطح، ضخامت، آب و محتوای نیتروژن شده‌است. پلاسما همچنین توانایی تغییر مواد معدنی، رنگدانه‌ها، آنزیم‌ها و سایر ترکیبات تغذیه‌ای بذر را دارد. به‌عنوان مثال، در دانه‌های گوجه‌فرنگی تیمار شده با پلاسمای جفت شده خازنی[۱۳]، محتوای کلسیم (۷/۷۳ درصد) و بور (۱۱/۵۳ درصد) افزایش یافت؛ در حالی که در سویا، بخش‌های مغذی مانند پروتئین محلول و قند محلول و آنزیم‌هایی مانند پراکسیداز افزایش یافت. فعالیت‌های فنیل آلانین آمونیاک لیاز پس از تیمار با پلاسمای جریان مستقیم جت پلاسما[۱۴] افزایش یافت. در گندم تیمار شده با پلاسمای هلیوم، محتوای کلروفیل ۹/۸ درصد بیشتر از شاهد بود [۲۷].

### ■ کاهش آلودگی سبزیجات

تعامل گونه‌های پلاسما با میکروب‌ها باعث غیرفعال شدن سطح می‌شود، در حالی که آسیب‌های DNA ناشی از فوتون‌های UV این اثر را بیشتر می‌کند. بنابراین، آلودگی میکروبی روی برگ‌های تازه برداشت شده را می‌توان با تیمار پلاسما کاهش داد. به‌منظور بهبود کارایی غیرفعال‌سازی، مخلوط‌های گازی مختلفی پیشنهاد شده که مخلوط گاز $Ar-O_2$ یکی از آنهاست. در کاهوی رومی، مخلوط گاز Ar و $O_2$ بدون تغییر در بافت محصول، کارایی آلودگی‌زدایی بهتری را به همراه داشت. به‌عنوان مثال، میزان اشیرشیا کلی، کلیفرم، مخمر و کپک در چای سیاه و سبز با پلاسمای جت آرگون در حدود دقیقه ۳ حذف شد و میزان پلی فنل کل نیز به میزان قابل توجهی افزایش یافت [۲۸].

### ■ آجیل و خشکبار

آجیل جزء منابع غذایی مهم بوده که در برابر آلودگی میکروبی بسیار حساس است. حذف آلاینده‌ها از سطح، باید بدون افت کیفیت قابل توجه انجام شود. پلاسما قادر است آلودگی سطحی را بدون تغییر کیفیت و یا حداقل تغییر انجام دهد. در بادام‌های پوست گرفته، پلاسمای هوا باعث افزایش غیرفعال شدن سالمونلا و حذف میکروبی بیشتر می‌شود. مطالعاتی که روی فندق‌ها انجام شد نشان داد که گونه‌های آسپرژیلوسیس حتی پس از ۳۰ روز نگهداری کاهش پیدا کرد، همچنین حذف میکروبی در گردو به دلیل فعالیت آبی کم، رطوبت و بافت ناهموار گردو اتفاق افتاد [۲۹].

### ■ ادویه

پلاسما باعث کاهش قابل توجه بار میکروبی، کاهش رطوبت بدون ایجاد تغییرات و خواص حسی محصول می‌شود. با این حال، مسائل خاص، مانند تغییر رنگ، کاهش وزن و کاهش کیفیت زیست فعال، باید با انتخاب ویژگی‌های پلاسمای مناسب و زمان مورد توجه قرار گیرد. اعمال پلاسما کاهش قابل توجه بار میکروبی در بیشتر محصولات کشاورزی و افزایش اجزای زیست فعال را نشان داده است. اعمال پلاسما روی فلفل سیاه باعث کاهش اسپورهای باسیلیسوس سوبتیلیس، اشرشیا کلی، سالمونلای غیر تیفوئیدی با حداقل آسیب سطحی و از دست دادن رطوبت و کاهش میزان پیپرین[۱۵] انجام شده‌است. امینی و همکاران گزارش کردند که پلاسمای سرد باعث افزایش سافرانال و افزایش قدرت رنگی در زعفران شده‌است [۳۰].

### ■ کیفیت محصولات و میوه‌های فرآوری شده و کم فرآوری شده

پلاسما به‌عنوان پردازش غیرحرارتی می‌تواند به کاهش قهوه‌ای شدن و فعالیت میکروبی بدون افزودن مواد نگهدارنده کمک کند و کیفیت محصول را حفظ نماید. همراه با کنترل قهوه‌ای شدن، عوامل دیگری مانند جامدات محلول، ماده خشک، اسیدیته، سفتی و قدرت گسیختگی نیز افزایش می‌یابد. قهوه‌ای شدن در سطح میوه‌های بریده شده مشکل اصلی نگهداری است. در مورد سیب با اعمال پلاسما، ناحیه قهوه‌ای شده به دلیل فعالیت کمتر، باقیمانده پلی فنل اکسیداز کاهش یافت که به دلیل تغییرات در ساختار ثانویه پروتئین‌ها و اصلاح زنجیره جانبی اسید آمینه آنزیم‌ها است [۳۱].

### ■ استخراج اسانس

اسانس‌ها به‌طور طبیعی دارای خواص ضد باکتریایی هستند. قرار گرفتن در معرض فناوری پلاسما می‌تواند خواص آنها را به دلیل اکسیداسیون بالاتر افزایش دهد. اسانس‌های به‌دست آمده از گیاهان تیمار شده با پلاسما، فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری با محتوای اوژنول بالاتر تولید کرد، به غیر از بهبود کیفیت اسانس، بازده استخراج نیز حدود ۳ برابر افزایش یافت [۳۲ و ۳۳].

## نتیجه گیری

همان‌طور که ما آینده نگهداری مواد غذایی را تصور می‌کنیم، پلاسمای سرد با توانایی بی‌نظیر خود در مبارزه با عوامل بیماری‌زا و در عین حال، حفظ کیفیت و یکپارچگی محصولات غذایی موثر ظاهر می‌شود. فناوری پلاسمای سرد نشان‌دهنده یک نیروی دگرگون کننده در صنایع غذایی است. از افزایش عمر مفید و کاهش ضایعات مواد غذایی گرفته تا افزایش ایمنی مواد غذایی در سراسر زنجیره تامین، مزایای بالقوه بسیار زیادی است. با این حال، مانند هر فناوری در حال ظهور، پلاسمای سرد نیز چالش‌ها و ملاحظاتی دارد. از موانع نظارتی گرفته تا مقرون به صرفه بودن و مقیاس‌پذیری، عواملی هستند که در پذیرش گسترده آن تاثیر می‌گذارند. همان‌طور که محققان به کشف پتانسیل کامل آن ادامه می‌دهند و صنایع از قابلیت‌های آن استقبال می‌کنند، با آینده‌ای مواجه هستیم که در آن غذا برای مدت طولانی‌تر، ایمن‌تر و پایدارتر باقی بماند. در نتیجه، فناوری پلاسمای سرد در آینده می‌تواند یک تغییر بازی در دنیای فناوری مواد غذایی باشد. توانایی آن در مبارزه با عوامل بیماری‌زا در حالی که کیفیت و ماندگاری محصولات غذایی را حفظ می‌کند، آن را به ابزاری ارزشمند برای تولید کنندگان، پردازشگرها و مصرف کنندگان مواد غذایی تبدیل خواهد نمود.

## پی‌نوشت

1. Atmospheric Glow discharge
2. Corona glow discharges
3. Corona electrical discharge (CED)
4. Dielectric barrier discharge
5. Atmospheric pressure plasma jet
6. Micro hollow cathode discharge
7. Radio frequency plasma
8. Inductively coupled plasma
9. Microwave Induced plasma
10. Gliding Arc Discharge
11. Reactive Nitrogen Speices (ROS)
12. Plasma activated water (PAW)
13. Capacitive coupled plasma (CCP)
14. Direct Current Plasma-Plasma Jet (CDPJ)
15. Piperine

## مراجع


[1] S.T. Meurer A. C. S. Lope, F. A. Almeida, R.D. D. Mendonça, T.R B. Benedetti , Effectiveness of the VAMOS strategy for increasing physical activity and healthy dietary habits: a randomized controlled community trial. Health Education & Behavior 46(3), 406-416(2019)

[2] M. Gallo, L. Ferrara, A. Calogero, D. Montesano, D. Naviglio Relationships between food and diseases: what to know to ensure food safety. Food Res. Int. 137, 109414(2020)

[3] H. C. Roopith, G. Madhavi, K. N. Hanumantharaju, Ch. Gurikar, P. Anbumathi , A.C. Lokesh , Application of Novel Technologies in Shelf-Life enhancement of Fruits and Vegetables. Europ. Chem. Bull. 12(3), 633-648(2023).

[4] K.N. Hanumantharaj, K. Thangavel,D. Amirtham , K. Rajamani Physical properties and optimization of bio film prepared with corn starch and Justicia adhatoda leaf extract. Medicinal Plants-Int. J. Phytomed. Related Indust. 11(3), 313- 320(2019).

[5] P. Butz, B. Tauscher, Emerging technologies: chemical aspects. Food Res. Int. 35(2-3), 279-284(2002).

[6] C. M. G Charoux, A. Patange , S. Lamba , C.P.O'Donnell ,B. K. Tiwari, A.G. M. Scannell , Applications of nonthermal plasma technology on safety and quality of dried food ingredients. J. Appl. Microbiol. 130(2), 325-340(2021)

[7] S.A.Mir,M.W. Siddiqui ,B.N. Dar , M.A. Shah ,M.H. Wani ,S. Roohinejad A. Ali, Promising applications of cold plasma for microbial safety, chemical decontamination and quality enhancement in fruits. J. Appl. Microbiol. 129(3), 474-485(2020).

[8] A. Fridman, Plasma chemistry, Cambridge University Press, (2008).

[9] C. Tendero, C. Tixier, P. Tristant, J. Desmaison, & P. Leprince, Atmospheric pressure plasmas: A review, 61 (2006) 2-30.

[10] N.N. Misra, O. Schlüter, & P. J. Cullen, Cold plasma in food and agriculture: Fundamentals and applications. Academic Press, (2016).

[11] M. Laroussi, & F. Leipold, Evaluation of the roles of reactive species, heat, and UV radiation in the inactiva-

tion of bacterial cells by air plasmas at atmospheric pressure, International Journal of Mass Spectrometry, 233(1-3) (2004) 81-86.

[12] Lu. X., Laroussi, M. & Puech, V. On atmospheric-pressure non-equilibrium plasma jets and plasma bullets. Plasma Sources Science and Technology, 21(3) (2012).

[13] E. Moreau, N. Benard, J. D.Lan-Sun-Luk, & J. Chabert, Electrohydrodynamic force produced by a wire-to-cylinder dc corona discharge in air at atmospheric pressure, Journal of Physics D: Applied Physics, 46(47) (2013).

[14] B. A. Niemira, Cold plasma decontamination of foods, Annual review of food science and technology, 3(2012) 125-142.

[15] N. N. Misra, B. K.Tiwari, K. S. M. S Raghavarao, & P. J. Cullen, Nonthermal Plasma Inactivation of Food-Borne Pathogens. Food Engineering Reviews, 3 (3-4) (2011) 159-170.

[16] S. K. Pankaj, C.Bueno-Ferrer, N. N. Misra, V.Milosavljević, , C. P. O'Donnell, P.Bourke, , K. M. Keener, & P. J. Cullen, Applications of cold plasma technology in food packaging, Trends in Food Science & Technology, 35(1) (2014) 5-17.

[17] O. Schlüter, J. Ehlbeck, C. Hertel, M. Habermeyer, A. Roth, K. H. Engel, T. Holzhauser, D. Knorr, & G. Eisenbrand, Opinion on the use of plasma processes for treatment of foods, Molecular Nutrition & Food Research, 57(5) (2013) 920-927.

[18] P. Bourke, D. Ziuzina, D. Boehm, P. J. Cullen, & K. Keener. The Potential of Cold Plasma for Safe and Sustainable Food Production, Trends in Biotechnology, 36(6) (2018) 615-626.

[19] B. A. Niemira, Cold plasma decontamination of foods. Annual Review of Food Science and Technology, 3 (2012) 125-142.

[20] M. Laroussi, Low temperature plasma-based sterilization, overview and state-of-the-art, Plasma processes and polymers, 2(5) (2005) 391-400.

[21] B. Jiang, J. Zheng, S. Qiu, M. Wu, Q. Zhang, Z. Yan, & Q. Xue,. Review on electrical discharge plasma technology for wastewater remediation, Chemical Engineering Journal, 236 (2014) 348-368.

[22] R. N. Ramanan, T. K. Thiyagarajan, & L. Sivachandiran, Cold plasma technology for insect pest control. Trends in Food Science & Technology, 79 (2018) 143-151.

[23] L. Ling, J. Jiafeng, L. Jiangang, S. Minchong, H. Xin, S. Hanliang, & D. Yuanhua, Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean. Scientific reports, 4(1) (2014) 1-7.

[24] S. K. Pankaj, C. Bueno-Ferrer, N. N. Misra, V. Milosavljević, C. P. O'Donnell, P. Bourke, & P. J. Cullen, Applications of cold plasma technology in food packaging. Trends in Food Science & Technology, 35(1) (2014) 5-17.

[25] M. A. Malik, A. Ghaffar, & S. A. Malik, Water purification by electrical discharges, Plasma Sources Science and Technology, 10(1) (2001) 82.

[26] S. Zhang, A. Rousseau, & T. Dufour, Promoting lentil germination and stem growth by plasma activated tap water, demineralized water and liquid fertilizer, RSC advances, 7(50) (2017) 31244-31251.

[27] A. Será, M. Šerý, V. Štranák, P. Špatenka, & M. Tichý, Does cold plasma affect breaking dormancy and seed germination? A study on seeds of Lamb's Quarters (Chenopodium album agg, Plasma Science and Technology, 11(6) (2009) 750.

[28] A. Mitra, Y. F. Li, T. G. Klämpfl, T. Shimizu, J. Jeon, G. E. Morfill, & J. L. Zimmermann, Inactivation of surface-borne microorganisms and increased germination of seed specimen by cold atmospheric plasma, Food and Bioprocess Technology, 7(3) (2014) 645-653.

[29] Lacombe, B. A. Niemira, J. B. Gurtler, X. Fan, J. Sites, G. Boyd, & H. Chen, Atmospheric cold plasma inactivation of aerobic microorganisms on blueberries and effects on quality attributes, Food Microbiology, 46 (2015) 479-484.

[30] Hertwig, K. Reineke, J. Ehlbeck, D. Knorr, & O. Schlüter, Decontamination of whole black pepper using different cold atmospheric pressure plasma applications, Food Control, 55 (2015) 221-229.

[31] M. Amini, M. Ghoranneviss, & S. Abdijadid, Effect of cold plasma on crocin esters and volatile compounds of saffron, Food chemistry, 235 (2017) 290-293.

[32] S. Tappi, A. Berardinelli, L. Ragni, M. Dalla Rosa, A. Guarnieri, & P. Rocculi, Atmospheric gas plasma treatment of fresh-cut apples, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 21, (2014) 114-122.

[33] M. Gavahian, Y. H. Chu, & A. M. Khaneghah, Recent advances in orange oil extraction: An opportunity for the valorisation of orange peel waste a review, International Journal of Food Science & Technology, 53(8) (2018) 1770-1780.

Authors

Asma golmakani[1]*
fahimeh mahmoodi[1]

*asmagolmakani@gmail.com

1. Laboratory Technician, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad

# Application of cold plasma in agriculture and food

## Abstract

Management of safety and quality of food products throughout the food chain is essential to prevent spoilage and increase food production. Extraordinary progress has been made in agriculture and food production to meet food needs, and some of the chemical and thermal processes used to ensure the health and safety of products are defective. Cold plasma is a suitable alternative for most issues such as soil pollution, water pollution, microbial contamination, long-term insect infestation, food preservation, etc.

Plasma significantly affects the agricultural food chain in terms of product quality and safety, increased yield, increased extraction rate, increased plant growth, removal of hazardous pollutants from water, soil, and agricultural products. The interaction of plasma with food products, microorganisms, allergens, toxins, enzymes, etc. varies depending on the type, cultivar, moisture content, and the initial concentration of fungi, microorganisms, and chemical pollutants. The gas composition, gas flow rate, power level, frequency, exposure time to plasma, and the type of plasma reactor vary depending on the type of product. The enormous benefits of plasma, such as its non-toxic nature, low operating costs, significant water savings in disinfection processes, and the possibility of using it for various food products, locally produced, have made the plasma process more sustainable and attracted much attention.

**Keywords**

cold plasma, food, agricultural products, microbial bar.

Iran Nanotechnology Laboratory Network

# Iranian Journal of laboratory Knowledge

ISSN 2538-3450

Volume 12 ■ Issue 3 ■ Fall 2024 ■ No.47

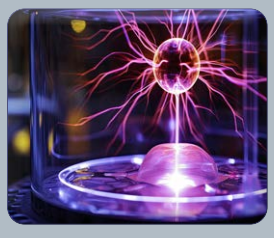
## Risk in Third-Party Experiment

Application of Cryo-FIB-SEM for Cryo-TEM lamella preparation from frozen biological specimen

Transgenic products: friend or enemy

Aprossessment of the risk caused by heavy metals cadmium and lead in imported wheat samples in khorasan vince

Biomolecules Molecular weight measurements using Dynamic Light Scattering equipments



Application of cold plasma in agriculture and food

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir