بررسی اثر پلاسمای سرد ضد *سودوموناس آئروژینوزا* تلقیح شده در گلاب

زینب رحمانی[1]، فاطمه محمدی[1]، رضا شرافتی چالشتری[*2]

۱. گروه لیزر و فوتونیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

۲. مرکز تحقیقات بیوشیمی و تغذیه در بیماری‌های متابولیک، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران.

***نویسنده مسئول:** *sharafati.reza@gmail.com*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹

چکیده

فناوری پلاسمای سرد یکی از روش‌های نوین غیرحرارتی جهت میکروب‌زدایی در انواع مواد غذایی به واسطه ایجاد محیطی فعال و ذرات و فوتون‌های پُرانرژی است. هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر پلاسمای سرد فشار اتمسفری بر باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* در محیط کشت و گلاب بود. در این مطالعه تجربی، باکتری *سودوموناس آئروژینوزا تحت تاثیر* پلاسما با فرکانس ۱۵ کیلوهرتز و در زمان‌های ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ ثانیه قرار گرفت. همچنین اثر پلاسما بر گلاب تلقیح شده با باکتری مذکور در غلظت 10^5 CFU/mL در زمان نگهداری هفت روز در دمای محیطی بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین قطر هاله عدم رشد باکتری در زمان ۷۰ ثانیه و برابر ۳۱ میلی متر بود. بعلاوه اثر مهارکنندگی پلاسما بر روی *سودوموناس آئروژینوزا* در گلاب در مدت زمان نگهداری مشهود بود. بنابراین استفاده از پلاسما به عنوان یک روش غیرحرارتی و کاهنده میکروبی در صنعت گلاب پیشنهاد می‌گردد.

کلید واژه‌ها: پلاسما، گلاب، *سودوموناس آئروژینوزا*.

مقدمه

گلاب عصاره‌ی خارج شده از گل‌های سرخ است که با استفاده از روش تقطیر تهیه می‌شود. گلاب یکی از پرمصرف‌ترین عرقیات گیاهی است که دارای طبعی گرم و معتدل است و علاوه بر مصارف خوراکی دارای خواص ضدباکتریایی و دارویی نیز می‌باشد. از جمله مصارف گلاب در طب سنتی، بهبود دردهای روماتیسمی، ناراحتی‌های خونی، گلودرد، بی‌خوابی و ترمیم زخم است. همچنین از گلاب برای درمان افسردگی، اضطراب و سرفه‌های مزمن استفاده می‌شود (Baser and Buchbauer, 2009, Boskabady, et al., 2011). گلاب به عنوان یکی از محصولات استراتژیک در ایران در صورت تولید در شرایط غیربهداشتی و یا آلودگی‌های تقاطعی می‌تواند به انواعی از عوامل میکروبی فسادزا و بیماری‌زا شامل کلی فرم ها، *اشرشیاکلی* و *سودوموناس آئروژینوزا* آلوده شود (Rafieian-Kopaei, et al., 2104, Sharafati Chaleshtori, et al., 2020).

سودوموناس آئروژینوزا باکتری گرم منفی، هوازی و به عنوان یک باکتری بیماری‌زای فرصت طلب بیمارستانی، در بیماران دارای نقص ایمنی ایجاد عفونت می‌کند. همچنین مطالعه های گذشته حاکی از مقاومت بالای آنتی بیوتیکی *سودوموناس آئروژینوزا* جدا شده از نمونه‌های بالینی و غذایی بوده است (Taghinejad, et al., 2016, 2017, Streeter and Katouli.). در بررسی انجام شده توسط نامداری و همکاران در سال ۲۰۱۴، *سودوموناس آئروژینوزا* به عنوان یکی از عوامل آلوده‌کننده گلاب و عرقیات گیاهی شناسایی شد (Namdari, et al., 2014). بررسی‌های سال‌های اخیر بر روی انواع عرقیات گیاهی و گلاب به ویژه تولید شده به روش سنتی، از وجود بار میکروبی بالا حکایت می‌کند. در صورتی که در تولید

صنعتی این محصولات از روش پاستوریزاسیون برای کاهش میکروب‌های فسادزا و از بین بردن عوامل بیماری‌زا استفاده می‌شود. با این وجود یکی از اثرات نامطلوب پاستوریزاسیون به عنوان یک فرایند حرارتی، کاهش اسانس در محصول نهایی عرقیات گیاهی مانند گلاب است (Alavi, et al., 2017, Sharafati Chaleshtori, et al., 2020).

فناوری پلاسمای سرد یکی از روش‌های جدید استریل سازی و میکروب‌زدایی با حفظ ارزش موادغذایی می‌باشد که از اواسط سال ۱۹۹۰ مورد توجه محققان قرار گرفته است (Hosseinzadeh Colagar, et al., 2017). پلاسما گاز یونیزه‌ای شامل ذرات باردار، رادیکال‌های آزاد، گونه-های فعال و فوتون‌های UV است که ویژگی‌های منحصر به‌فرد و متفاوتی نسبت به گاز معمولی از خود نشان می دهد و در واقع بیشتر اوقات با اعمال ولتاژ بالا به گاز و انجام تخلیه الکتریکی ایجاد می‌شود. پلاسمای سرد با استفاده از فوتون‌های UV موجود در آن منجر به تخریب غشاء سلولی باکتری‌ها می‌گردد و همچنین می‌تواند با تولید رادیکال‌های آزاد به ایجاد فساد در ساختار باکتری‌ها منجر شود که زمینه نابودی باکتری ها را فراهم کند (Živković, et al., 2004, Jiang, et al., 2014, Mortazavi, et al., 2016). یانگ و همکاران در سال ۲۰۰۹ به بررسی اثر پلاسمای آرگون با دمای پایین بر روی باکتری سودوموناس پرداختند و نتایج حاکی از تخریب غشا باکتریایی و خروج محتویات داخل سلولی از باکتری شده بود (Yang, et al., 2009). در مطالعه Rathod و همکاران در سال ۲۰۲۱، اثر نگهدارندگی پلاسما بر روی مواد غذایی دریایی را نشان دادند. آنها اثر پلاسما بر روی انواعی میکروارگانیسم‌ها را اثر تخریبی آن بر آنزیم‌ها گزارش دادند (Rathod, et al., 2021). در بررسی Lee و همکاران در سال ۲۰۲۱، اثر پلاسما سبب کاهش شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل و سالمونلا در سالاد سینه مرغ شده بود (Lee, et al., 2021).

بنابراین با توجه به اینکه یکی از ویژگی‌های کیفی گلاب میزان اسانس آن است و استفاده از روش‌هایی مانند پاستوریزاسیون جهت جلوگیری از رشد میکروب‌ها می تواند سبب کاهش درصد اسانس محصول نهایی شود، استفاده از روش‌های پاستوریزاسیون و یا استریلیزاسیون سرد با کمترین اثر بر روی غلظت اسانس این نوع محصولات ضروری به نظر می‌رسد. لذا هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر پلاسمای سرد فشار اتمسفری بر باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* در محیط کشت و گلاب بود.

مواد و روش کار

مشخصات دستگاه پلاسمای سرد اتمسفری

به منظور ایجاد پلاسمای سرد، یک راکتور DBD طراحی گردید که در آن از یک الکترود دیسکی تخت از جنس آلومینیوم با قطر ۵۰ میلی‌متر و یک توری بعنوان الکترود دوم استفاده شد. در این ساختار برای جلوگیری از وقوع قوس میان دو الکترود، یک دی الکتریک از جنس کوارتز قرار داده شد. به منظور ایجاد تخلیه الکتریکی میان دو الکترود از یک منبع تغذیه ولتاژ بالای متناوب با فرکانس متغیر و ولتاژ ۱۵ کیلوولت، ساخت شرکت پلاسما فناوران کویر استفاده گردید. هوا بعنوان گاز مورد استفاده برای تشکیل پلاسما به کار برده شد.

فعالیت ضدمیکروبی

جهت تعیین فعالیت ضدمیکروبی پلاسما، باکتری‌های *سودوموناس آئروژینوزا* (PTCC: ۱۷۹۱) از مرکز *کلکسیون میکروارگانیسم‌های صنعتی ایران* تهیه شد. سپس باکتری مورد نظر جهت تهیه سوسپانسیون نیم مک فارلند به محیط کشت نوترینت براث منتقل شد و به مدت ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری شد. سپس سوسپانسیون باکتری با غلظت نیم مک فارلند ($۱/۵ \times ۱۰^{۸}$ CFU/mL) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر با جذبی بین ۰/۰۸ تا ۰/۱۳ تهیه

[1] –Dielectric Barrier Discharge

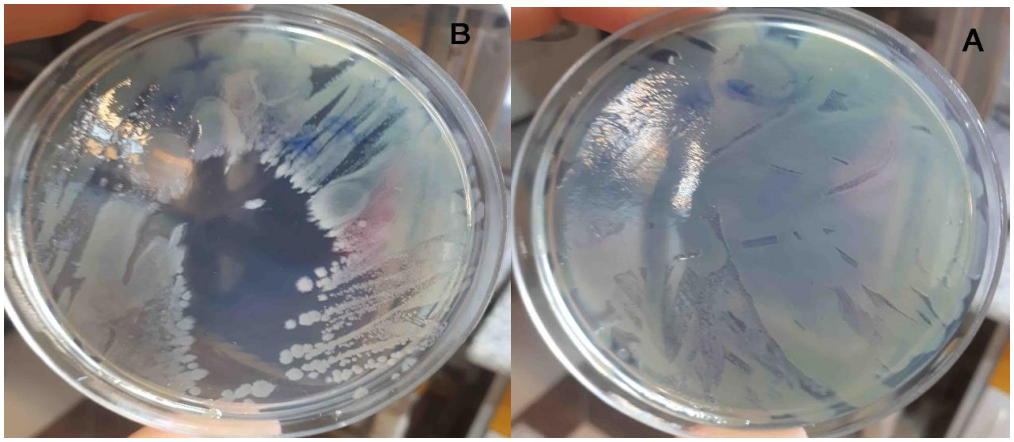
شد. جهت تایید غلظت نمونه شمارش میکروبی نیز انجام گرفت.

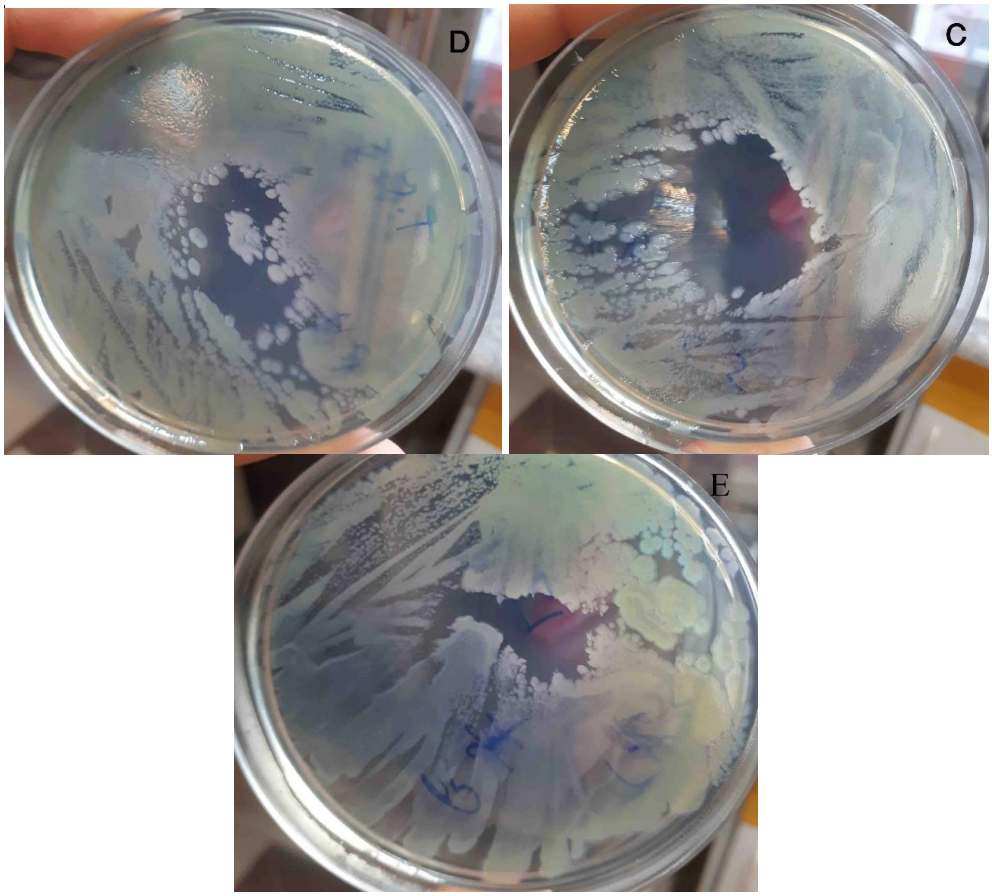
سپس از سوسپانسیون بدست آمده بر روی محیط کشت مولر هینتون آگار به صورت چمنی کشت داده شد. پس ازآن پلیت‌ها در معرض پلاسمای سرد از فاصله ۵ میلی متری قرار گرفتند. فرکانس مورد استفاده ۱۵ کیلوهرتز در زمان‌های ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ ثانیه بودند. نهایتا محیط‌های کشت تیمار شده در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری شدند. قطر هاله عدم رشد باکتری با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد (Bohlouli, et al., 2020). جهت فعالیت ضدمیکروبی پلاسما در گلاب، گلاب با حداقل اسانس ۱۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی لیتر از شرکت ایران گلاب (ربیع) دارای سیب سلامت تهیه شد. سپس از سوسپانسیون نیم مک فارلند *سودوموناس آئروژینوزا*، جهت تهیه غلظت 10^5 CFU/mL در نمونه های گلاب استفاده شد. گروه‌های تیمار شامل ۱: باکتری به تعداد 10^5 CFU/mL بدون اثر پلاسما (کنترل)، ۲: باکتری به تعداد 10^5 CFU/mL اثر پلاسما به مدت ۲۰ ثانیه، ۳: باکتری به تعداد 10^5 CFU/mL اثر پلاسما به مدت ۳۰ ثانیه، ۴: باکتری به تعداد 10^5 CFU/mL اثر پلاسما به مدت ۵۰ ثانیه و ۵: باکتری به تعداد 10^5 CFU/mL اثر پلاسما به مدت ۷۰ ثانیه بودند. سپس نمونه‌ها در شرایط تاریکی و دمای ۲۰ درجه سلسیوس با درصد رطوبت محیطی ۱۸ قرار داده شدند. جهت شمارش باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* در نمونه‌های گلاب در روز های مختلف (۱، ۴ و ۷)، پس از رقت سازی از نمونه‌ها در سرم فیزیولوژی استریل، بر روی محیط کشت اختصاصی ستریماید آگار کشت سطحی انجام گرفت. سپس قرائت نتایج محیط‌های کشت تیمار شده پس از گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت انجام شد (Jahandideh, et al., 2020).

نتایج

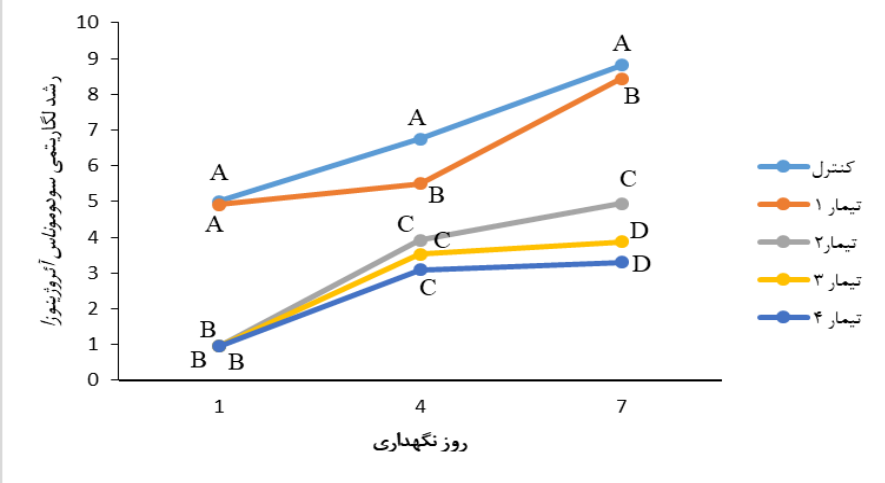
نتایج نشان داد که پلاسما در فرکانس ۱۵ کیلوهرتز در زمان‌های ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ ثانیه سبب ایجاد هاله عدم رشد به ترتیب برابر ۱۵، ۲۲، ۲۸ و ۳۱ میلی‌متر شده است. در شکل شماره ۱ تصاویر قطر هاله عدم رشد *سودوموناس آئروژینوزا* قابل مشاهده است.

نتایج بدست آمده از تاثیر پلاسما با فرکانس ۱۵ کیلوهرتز بر روی رشد *سودوموناس آئروژینوزا* در گلاب (۱۲ میلی گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسانس) در نمودار ۱ قابل مشاهده می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزایش زمان باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* رشد داشته است. با این وجود در روز یک به طور معنی‌داری در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ تعداد باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* کاهش داشته است ($p<0/05$). این روند در روزهای ۴ و ۷ نیز قابل مشاهده است. تاثیر پلاسما در زمان‌های ۵۰ و ۷۰ ثانیه بر باکتری مذکور به طور معنی‌داری در روز ۷ با سایر گروه‌ها تفاوت دارد و از رشد لگاریتمی باکتری جلوگیری نموده است.





شکل۱- قطر هاله عدم رشد *سودوموناس آئروژینوزا* ایجاد شده بر اثر پلاسما با فرکانس ۱۵ کیلوهرتز در زمان‌های ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۷۰ ثانیه (A: گروه کنترل (بدون دریافت پلاسما)، B: اثر پلاسما در ۷۰ ثانیه، C: اثر پلاسما در ۵۰ ثانیه، D: اثر پلاسما در ۳۰ ثانیه، E: اثر پلاسما در ۱۰ ثانیه)



شکل ۲-رشد لگاریتمی *سودوموناس آئروژینوزا* در گلاب (۱۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسانس) تیمار شده با پلاسما (فرکانس ۱۵ کیلوهرتز) در طول مدت زمان نگهداری در دمای محیطی. کنترل: باکتری به تعداد 10^5 CFU/mL بدون اثر پلاسما، تیمار ۱: باکتری به تعداد 10^5 CFU/mL اثر پلاسما به مدت ۲۰ ثانیه، تیمار ۲: باکتری به تعداد 10^5 CFU/mL اثر پلاسما به مدت ۳۰ ثانیه، تیمار ۳: باکتری به تعداد 10^5 CFU/mL اثر پلاسما به مدت ۵۰ ثانیه، تیمار ۴: باکتری به تعداد 10^5 CFU/mL اثر پلاسما به مدت ۷۰ ثانیه

بحث

در این تحقیق تاثیر پلاسما علیه *سودوموناس آئروژینوزا* در محیط کشت و مدل غذایی گلاب بررسی شد. نتایج حاصله نشان‌دهنده اثر ضدباکتری پلاسما در هر دو مدل بود. در مطالعه‌ای که توسط حسینی و همکاران بر روی اثرات آلودگی‌زدایی پلاسما بر روی پودر سیر صورت گرفت از ساختار تخلیه سد دی الکتریک تک قطبی (DBD) به منظور از بین بردن باکتری‌های *اشرشیا کلی* و *آسپرژیلوس فلاورس* موجود در پودر سیر استفاده شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پلاسما منجر به نابودی کامل میکروارگانیسم‌ها در مدت زمان ۲۰ دقیقه شد. همچنین پودر سیر تحت تابش پلاسما دچار تغییر رنگ قابل توجهی نشد و نیز با اندازه‌گیری غلظت‌های DNA و پروتئین موجود در نمونه و مقایسه ان با کنترل افزایش میزان موارد یاد شده مشاهده شد (Hosseini, et al., 2018). در تحقیقی که توسط اکبریان و همکاران انجام گرفت تاثیر پلاسمای سرد بر روی باکتری‌های *اشرشیاکلی*، *انترکوکوس فکالیس*، کپک و مخمرهای موجود در زعفران در مدت زمان‌های ۰، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از گاز نیتروژن و هوا برای مشاهده تاثیر ضدباکتریایی پلاسما استفاده گردید. نتایج نشان داد هرچه زمان تیمار افزایش یابد روند غیرفعال-سازی میکروارگانیسم‌ها با سرعت بیشتری انجام می‌گیرد. طبق بررسی‌های انجام گرفته باکتری *اشرشیاکلی* نسبت به *انترکوکوس فکالیس* بیشترین اثرپذیری را داشته و کپک‌ها و مخمرها در برابر تابش پلاسما از مقاومت بالایی برخوردار بودند. همچنین پلاسمای هوا نسبت به نیتروزن تاثیر بیشتری بر کاهش بار میکروبی زعفران داشت (Akbarian, et al., 2019).

بهلولی و همکاران در سال ۱۳۹۹ تحقیقی مبنی بر تاثیر پلاسمای گاز آرگون و آرگون دارای ۵ درصد اکسیژن بر روی باکتری *سالمونلا انتریتیدیس* روی پوسته‌ی تخم مرغ انجام دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد در مدت زمان ۶ دقیقه تابش پلاسما بیشترین اثر در غیرفعال‌سازی این نوع باکتری را داشت. همچنین گاز آرگون خالص نسبت به گاز آرگون حاوی ۵ درصد اکسیژن از توان بالایی در کاهش بار میکروبی نمونه موردنظر نشان داد (Bohlouli, et al., 2020). مرتضوی و همکاران به بررسی اثر جت پلاسمای سرد فشار اتمسفری آرگون-هوا بر روی باکتری‌های *اشرشیاکلی* و *استرپتوکوکوس پایوژنز* در محیط کشت مایع و محیط کشت جامد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که جت پلاسمای آرگون-هوا قابلیت بالایی در نابودی هر دو باکتری در هر دو محیط و در زمان کوتاه داشت. همچنین باکتری *اشرشیاکلی* نسبت به *استرپتوکوکوس پایوژنز* بیشتر تحت تاثیر پلاسمای حاصل از جت پلاسمایی قرار گرفت. همچنین در بررسی هایی که بر تاثیر پلاسما بر روی پروتئین‌ها در سوپرناتانت تیمارها صورت گرفت مشخص شد که هرچه زمان تیمار افزایش یابد میزان پروتئین در نمونه تیمارشده افزایش می یابد (Mortazavi, et al., 2016). در طی پژوهشی که توسط حسین زاده کلاگر و همکاران بر روی تاثیر پلاسمای سرد بر غیرفعال‌سازی قارچ *کاندیدا آلبیکنس* تلقیح شده بر شیر انجام گرفت مشخص شد تابش پلاسما به مدت ۱ الی ۶ دقیقه بر روی قارچ‌های کشت داده شده و همچنین بر روی قارچ‌های تلقیح‌شده به شیر منجر به کاهش کلنی‌های کشت داده شد و در محدوده ۹ الی ۱۲ دقیقه قارچ‌های موجود در شیر بطور کامل از بین رفته اند (Hosseinzadeh Colagar, et al., 2017). نتایج حاصل از پژوهش Misra و همکاران بر تیمار توت فرنگی در محیط آب‌بندی شده بوسیله پلاسمای تولید شده از دستگاه تخلیه سد دی الکتریک نشان داد پس از تیمار به مدت ۵ دقیقه میزان باکتری مزوفیل، مخمر و کپک به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و تاثیر پلاسما بر روی خواص ظاهری توت فرنگی اندک می‌باشد (Misra, et al., 2014). Wang و همکاران از پلاسمای سرد فشار اتمسفری به منظور پاکسازی باکتری سالمونلا که بر روی

برش‌های میوه و سبزیجات تازه تلقیح شده بود استفاده کردند.

نتایج بررسی‌ها نشان داد ۱ ثانیه تماس مستقیم تابش پلاسما بر روی نمونه منجر به غیرفعال‌سازی موثر سالمونلا می‌شود، همچنین تاثیر پلاسما بر روی خواص فیزیکوشیمیایی نمونه بسیار اندک بود (Wang, et al., 2012). نتایج مطالعه حاضر نیز همسو با بررسی سایر محققان، حاکی از اثر ضدمیکروبی پلاسما بود. همچنین با افزایش زمان تابش میزان اثر ضدباکتریایی مشهود بود. پلاسما از طریق تولید گونه‌های فعال مولکولی مانند O_2، N، NO، OH و O_3 نقش اساسی در غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها دارند. گونههای واکنش پذیر اکسیژنی (O_2، OH) از قابلیت اکسیداسیون بالایی برخوردار هستند و قادر به اکسیداسیون مواد زیستی می‌باشند که می‌توانند با تخریب اسیدهای چرب غیراشباع و پروتئین‌های موجود در غشاء سلولی موجب نابودی میکروارگانیسم‌ها شوند. این گونه‌های واکنش پذیر با آسیب رساندن به پلی ساکاریدهای دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها و تجزیه ماکرومولکول‌هایی مانند لیپیدها و DNA، موجب مرگ سلولی شوند. ازن نیز از جمله گونه‌های فعال تولید شده توسط DBDها می‌باشد که از پتانسیل اکسیداسیون بالایی برخوردار است و تاثیر بالایی در پاکسازی میکروارگانیسم‌ها دارد (Wang, et al., 2012).

منابع

1. Akbarian M., Shahidi F., Varidi MJ., Koocheki A. and roshanak S. 2019. Effect of cold plasma on microbial and chemical properties of Saffron. Saffron Agronomy and Technology. 7(4):425-439.
2. Alavi I., Zahedi M., Zahedi M., Ghasemi Pirbalouti A., Rahimi E. and Momtaz H. 2017.Evaluating the microbial contamination of some Iranian dried medicinal plants and distillates. Int. J. Epidemiol. Res. 4:118-124.
3. Baser KH. And Buchbauer G. 2009. Handbook of essential oils: science, technology, and applications. CRC press; 28.
4. Bohlouli P., Jalalirad R. and Dorranian D. 2020. Antimicrobial effects of cold plasma on the pathogenic bacterium *Salmonella enteritidis* existed on the egg shell. Journal of Food Technology and Nutrition. 2020; 17:85-92.
5. Boskabady MH., Shafei MN., Saberi Z. and Amini S. 2011. Pharmacological effects of Rosa damascena. *Iran J. Basic Med. Sci*. 14:295-307.
6. Hosseini A.S., Abdi S., Shad MM. Evaluation of the effect of unipolar dielectric drip discharge plasma on microbial dehydration and quality of garlic powder. Journal of Innovation in Food Science and Technology. 2018;10(1).109-117.
7. Hosseinzadeh Colagar A., Deylami M., Sohbatzadeh F. and Siadati S.N. 2017. The effects of scanning cold atmospheric plasma jet on bovin's milk and its inoculated *Candida Albicans*. Iranian Journal of Food Science and Technology. 14(68):103-111.
8. Jahandideh F., Shayegh J. and Hosseinzadeh S. 2020. Effect of cold atmospheric plasma on growth and biofilm formation of Staphylococcus aureus isolated from mastitic bovine milk. Journal of Food Hygiene. 10:91-102.
9. Jiang J., Lu Y., Li J., Li L., He X., Shao H. and Dong Y. 2014. Effect of seed treatment by cold plasma on the resistance of tomato to Ralstonia solanacearum (bacterial wilt). Plos one. 9:1-6.
10. Lee E.S., Jeon Y.J. and Min S.C. 2021. Microbial Inactivation and Quality Preservation of Chicken Breast Salad Using Atmospheric Dielectric Barrier Discharge Cold Plasma Treatment. Foods. 10:1214.
11. Misra N.N., Patil S., Moiseev T., Bourke P., Mosnier J.P., Keener K.M. and Cullen P.J. 2014. In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries. J. Food Eng. 125:131-138.
12. Mortazavi S.M., Hosseinzadeh Colagar A. and Sohbatzadeh F. 2016. The Efficiency of the Cold Argon-oxygen Plasma jet to reduce Escherichia coli and Streptococcus pyogenes

from solid and liquid ambient. Iran J. Med. Microbiol. 10:19-30.
13. Namdari F., Eghbali B., Bahmani M., Rafieian-Kopaei M., Hassanzadazar H., Moghimi-Monfared O., Ghazi N. and Sharifi A. 2014.A survey on microbial quality of herbal distillates in Isfahan, central of Iran. Studia Univ. Vasile Goldis Arad, Ser. 24:407-411.
14. Rafieian-Kopaei M., Sharafati Chaleshtori R. and Mazroi Arani N. 2014. Microbial quality of some medicinal herbal products in Kashan, Iran. J. HerbMed Pharmacol. 3:113-117.
15. Rathod N.B., Ranveer R.C., Bhagwat P.K., Ozogul F., Benjakul S., Pillai S. and Annapure US. 2021. Cold plasma for the preservation of aquatic food products: An overview. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 20:4407-4425.
16. Sharafati Chaleshtori R., Mazroii Arani N., Alizadeh E. and Etemadi A. 2020. Prevalence and antimicrobial resistance pattern of Pseudomonas aeruginosa strains isolated from rose water and herbal distillates in Kashan, 2018. Journal of Food Microbiology. 7:7-10.
17. Streeter K. and Katouli M. 2016 Pseudomonas aeruginosa: A review of their Pathogenesis and Prevalence in Clinical Settings and the Environment. Infect. Epidemiol. Med. 2:25-32.
18. Taghinejad J., Hosseinzadeh M., Molayi Kohneshahri S. and Javan Jasor V. 2017. *Pseudomonas aeruginosa*: A biological review. Journal of Laboratory & Diagnosis. 8(34):67-82.
19. Wang R.X., Nian W.F., Wu H.Y., Feng H.Q., Zhang K., Zhang J., Zhu W.D., Becker K.H. and Fang J. 2012. Atmospheric-pressure cold plasma treatment of contaminated fresh fruit and vegetable slices: inactivation and physiochemical properties evaluation. Eur. Phys. J. D. 66:1-7.
20. Yang L., Chen J. and Gao J. 2009. Low temperature argon plasma sterilization effect on Pseudomonas aeruginosa and its mechanisms. J Electrostat. 67:646-651.
21. Živković S., Puač N., Giba Z., Grubišić D. and Petrović ZL. 2004. The stimulatory effect of non-equilibrium (low temperature) air plasma pretreatment on light-induced germination of Paulownia tomentosa seeds. Seed Sci. Technol. 32:693-701.

Evaluation of the effect of cold plasma against *Pseudomonas aeruginosa* inoculated in rose water

Rahmani Z[1], Mohamadi F[1], Sharafati Chaleshtori R[*2]

1. Department of Laser and Photonics, Faculty of Physics,University of Kashan, Kashan, Iran.
2. Research Center for Biochemistry and Nutrition in Metabolic Diseases, Institute for Basic Sciences, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran.

[*]**Corresponding author:** *sharafati.reza@gmail.com*

Received: 29 May 2022 Accepted: 20 September 2022

Abstract

Cold plasma is a novel non-thermal food processing technology that uses reactive medium and energetic photons and particles, to inactivate contaminating microbes on various foods. The aim of this study was to investigate the effect of atmospheric pressure cold plasma on *Pseudomonas aeruginosa* in vitro and rose water. In this experimental study, *P. aeruginosa* was exposed to 15 kHz plasma for 10, 30, 50 and 70 seconds. The effect of plasma on rose water inoculated with the bacterium at a concentration of 10^5 CFU / mL during storage for 7 days at room temperature was also investigated. The results showed that the highest non-growth halo diameter in *P. aeruginosa* was 31 mm in 70 seconds treatment. In addition, the plasma had an inhibitory effect on growth of *P. aeruginosa* in rose water during storage. Therefore, the use of plasma as a non-thermal and microbial reducing method in the rose industry is recommended.

Keywords: Plasma, Rose water, *Pseudomonas aeruginosa.*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited Copyright © 2023 Shahrekord Branch, Islamic Azad University.