

اثر پلاسما بر استریلیزاسیون و غیرفعال سازی میکروارگانیسم های پسته ی تازه نمونه موردی- پسته استان قزوین و گل سرخ

مهدیه چگینی¹، بابک محمدحسینی¹، محمدرضا خانی²، عباسعلی جنتی زاده³، فائزه قهرمان نژاد¹ و فاطمه رضازاده¹

¹ گروه فیزیک دانشکده علوم دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

² پژوهشکده لیزر و پلاسما دانشگاه شهید بهشتی تهران

³ گروه مهندسی علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

*آدرس رایانامه نویسنده مسئول: alisamadi313@yahoo.com

کلید واژه: بار میکروبی، پلاسما تورچ، پلاسما غیر حرارتی

چکیده

در این مطالعه، تاثیر پلاسما تورچ و پلاسما کلینر، بر محصول پسته تازه با پوست و بدون پوست و همچنین گل سرخ (گلبرگ و غنچه) بررسی شده است. بار میکروبی تمام نمونه ها و نیز ویژگی های ظاهری و مطلوبیت عمومی آن ها، قبل و بعد از اصلاح، اندازه گیری شده است. نتایج، نشان دهنده ی تاثیر مثبت پلاسما در کاهش بار میکروبی و حذف آلودگی تمام نمونه ها و افزایش در زمان ماندگاری نمونه ها، ضمن حفظ شکل ظاهری و مطلوبیت عمومی آن ها بود. در مورد پسته تازه، بدلیل عدم امکان استفاده از دستگاه کلینر، پس از تکرار آزمایش در زمان ها، توان ها و فواصل مختلف، برای دستگاه تورچ، مقدار بهینه ی توان 250W و زمان های 20 و 40 s در فاصله ی 3 cm نمونه از نازل انتخاب شد. در نمونه گل سرخ، در خلا و در توان 100W و در زمان 300S، بار میکروبی کاهش یافت. آزمایش در همان شرایط با دستگاه پلاسما تورچ در فشار اتمسفر در توان 200W و در زمان 30S نیز انجام شد. بار میکروبی در این حالت نیز به مقدار قابل توجهی کاهش یافت. به دلیل اهمیت فاکتور زمان و هزینه های اقتصادی در صنعت و تجارت، اصلاح با پلاسما تورچ از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است و همچنین امکان ساخت دستگاه و استفاده در صنعت وجود دارد.

Effect of plasma on sterilization and inactivation microorganisms of fresh pistachio in Qazvin and roses

Mahdiyeh Chegini¹, Babak Mohammadhosseini¹, MohammadRaza Khani²,
Abbasali JannatiZadeh³, Faeze Ghahremannezhad¹ and Fatemeh Rezazadeh¹

¹ Department of Physics, Imam Khomeini International University

² Laser and Plasma Research Institute, University of Shahid Beheshti

³ Department of Engineering of gardening science, Imam Khomeini International University

*corresponding e-mail: alisamadi313@yahoo.com

Abstract

In this study, the effect of plasma torch and plasma cleaner on fresh pistachio with and without skin and also rose flower (petals and buds) was investigated. Assessment of the microbial load of all samples as well as their appearance characteristics and general desirability were done before and after treatment. The results showed the positive effect of plasma in reducing microbial load and removing contamination of all samples and increasing their shelf life while maintaining their appearance and general desirability. Since the use of the plasma cleaner was not possible for fresh pistachio, only the plasma torch was used for sterilizing pistachio samples. after repeating the experiment at different time spans, powers, and distances, the optimal power value of 250 W and time spans of 20 and 40 s at a distance of 3 cm from the nozzle of the device was selected. In the rose samples, using the plasma cleaner, the microbial load was reduced in vacuum at a power of 100 W and for a duration of 300 s. The experiment was done in the same conditions with the plasma torch device at atmospheric pressure at the power of 200 W and for a duration of 30 s. The microbial load, in this case, was also significantly reduced. Due to the importance of factor time and also the economic costs in industry and businesses, plasma torch treatment is economically viable and it is also possible to manufacture the device and use it in related industries.

Keywords: microbial load, Non-thermal plasma, Torch plasma.

پسته به عنوان یکی از مغزیجات مرغوب و پرطرفدار در جهان به شمار می رود. ایران به عنوان خاستگاه این محصول در جهان شناخته شده است و به طور میانگین،

مقدمه

معناداری در خواص چای، توانسته است باریکروبی را به مقدار قابل قبولی کم کند. [6]. همچنین، در پژوهش‌های قبلی برای کم نمودن بار میکروبی پسته‌ی خشک از سامانه‌ی پلاسما کلینر استفاده شده است. جمالی در سال 1399، مغز پسته را در توان‌ها و زمان‌های مختلف تحت تأثیر پلاسما کلینر قرار داد. او کاهش قابل توجهی در میکروارگانیسم‌ها بعد از اصلاح پلاسمایی را مشاهده نمود. همچنین تغییر محسوسی در رنگ و شکل پسته نیز ایجاد نشد [7]. به دلیل لزوم ایجاد خلا در محفظه تابش دستگاه پلاسما کلینر، تابش پلاسما بر روی سطح نمونه، تقریباً به طور یکنواخت صورت می‌گیرد. همچنین به دلیل محیط خلا، آلودگی محیطی کمتر است. اما در پسته تازه، به دلیل بالا بودن رطوبت پسته تازه، دیگر نمی‌توان از دستگاه پلاسما کلینر استفاده نمود، زیرا همان‌گونه که اشاره شد، پلاسما کلینر در فشار پایین عمل می‌کند. رطوبت موجود در پسته تازه مانع از پایین آمدن فشار محفظه به منظور روشن شدن پلاسما می‌شود. به همین علت برای پردازش پسته‌ی تازه، باید به دنبال استفاده از روش یاد ستگاه دیگری بود. در این تحقیق، اثر پلاسما غیرحرارتی توسط دو دستگاه پلاسمایی یکی در فشار اتمسفر (پلاسما تورچ) بر روی پسته تازه، و دیگری در خلا، (پلاسما کلینر) را بر غنچه گل سرخ و گلبرگ گل سرخ بررسی شده است.

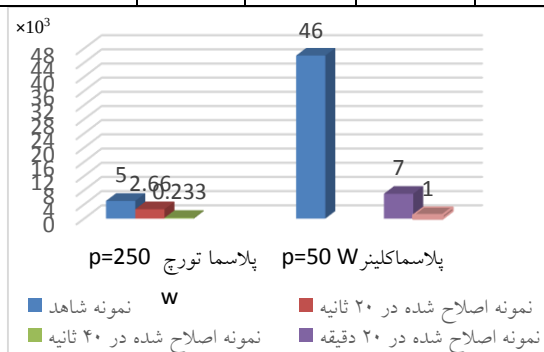
مواد و روش‌ها

تیمار پسته تازه به صورت پسته تازه با پوست صفر و پسته تازه بدون پوست صفر انجام گرفته است. یکی از این اهداف انجام این پژوهش این بود که، پسته تازه، قابلیت انباردانی زیادی ندارد و در صورت دسته‌بندی در دمای مناسب باید در مدت زمان کوتاهی مصرف شود. این مسئله موجب کاهش ارزش غذایی این محصول می‌شود. در آغاز آزمایش، برای یافتن توان و زمان پایه برای اندازه‌گیری باریکروبی و رسیدن به نقطه‌ی بهینه، جهت حفظ شرایط مطلوب ظاهری و اثربخشی لازم جهت استریلیزاسیون مناسب، توان‌های مختلفی آزمایش شدند. توان‌های 500، 400 و 300 W، در مدت زمان تنها 10s، باعث تغییر شکل و ایجاد لکه بر روی پسته و پوست پسته شد. در نتیجه آزمایش را در توان‌های پایین‌تر انجام دادیم. توان‌های 150، 200 و 100 W، در مدت زمان بالای 1 دقیقه منجر به ایجاد تغییرات محسوس شدند. آزمایشات، ما را به این نتیجه رساند که، توان 250W، که میانگینی از حد توان بالا و توان پایین بود، به منظور نقطه‌ی شروع کار مناسب است. نمونه‌های غنچه گل سرخ خشک به ابعاد تقریبی 2 سانتی متر، در پلیت‌های مجزا قرار داده شدند و با تنظیم زمان و توان، مورد تابش پلاسمایی قرار داده شدند. نمونه‌های گل سرخ در توان‌های 100W و 200 W و در مدت زمان‌های 30 و 300 ثانیه، با دو دستگاه پلاسما کلینر و پلاسما تورچ، مورد اصلاح پلاسمایی قرار داده شدند. نمونه‌ها به صورت چرخشی در معرض پلاسما تورچ قرار گرفتند به گونه‌ای که به هر نمونه از گل سرخ، 6 ثانیه پلاسما تورچ مستقیم تابیده شده است (پلیت حاوی 13 گرم گل سرخ، در مجموع 30 ثانیه در معرض تابش پلاسما تورچ به صورت دورانی قرار گرفته است). نمونه‌های شاهد پسته، غنچه گل سرخ و گلبرگ گل سرخ، به

سالانه چندصد هزار تن پسته، به ارزش تقریبی 586 میلیون دلار، به نقاط مختلف جهان صادر می‌کند. این تجارت، به دلایل متعدد، از جمله لزوم رعایت نکات و استانداردهای بهداشت مواد و محصولات غذایی و سایر عوامل، دارای نوسان زیادی است. ایمنی غذایی و حفظ کیفیت پسته، در نظر گرفتن اهمیت اقتصادی و ارزش غذایی بالای آن، و نیز کاربرد آن در تهیه انواع شیرینی جات و افزودن‌ها و چاشنی‌های غذایی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با این همه، یکی از مشکلات اساسی بر سر راه صادرات و مصرف این محصول پرکاربرد، آلودگی‌های میکروبی آن، از آغاز برداشت تا زمان انبارداری و بسته‌بندی آن است [1]. از سوی دیگر، گرایش عمومی به استفاده از داروهای گیاهی در جهان، به ویژه در سال‌های اخیر رو به افزایش نهاده است. امروزه توجه به گیاهان دارویی، که بخش عمده‌ای از طب سنتی ایران را تشکیل می‌دهد و استفاده از آن‌ها در بین مردم رواج دارد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علی‌رغم آنکه گیاهان دارویی باید عاری از هرگونه آلودگی باشند، متأسفانه به ندرت می‌توان مواد گیاهی عاری از مواد خارجی بی‌ضرر در بازار پیدا کرد. تولید، نگهداری و بسته‌بندی گیاهان دارویی عموماً در مراکز غیر بهداشتی و بدون رعایت پروتکل‌های لازم انجام می‌شود و پاکسازی خاصی نیز صورت نمی‌گیرد. با توجه به احتمال ایجاد آلودگی‌ها و احتمال تشدید آن‌ها طی فرآیند ذخیره‌سازی، استریلیزاسیون گیاهان دارویی الزامی بنظر می‌رسد. جهت استریلیزاسیون این مواد، علاوه بر روش‌های متداول و سنتی، سایر روش‌های نوین [2] و [3] نیز، نقص‌ها و محدودیت‌های ویژه خود را دارند. برای مثال، پرتودهی سبب نرم شدگی و از بین رفتن بافت میوه‌ها و سبزیجات می‌شود. در روش خشک کردن ماده تحت اثر عوامل آلوده‌کننده‌ی موجود در محیط قرار داشته و احتمال صدمه دیدن و نابود شدن آن توسط حشرات و پرندگان وجود دارد. استفاده از درجه حرارت‌های بالا برای از بین بردن میکروب‌ها اغلب روش مطلوبی نیست زیرا در بسیاری از موارد، مواد غذایی تغییرات نامطلوبی دارند [4]. بر این اساس، کاربرد پلاسما سرد در صنایع غذایی، که به عنوان یکی از روش‌های کاهش بار میکروبی مواد غذایی و نگهداری آن‌ها شناخته می‌شود، می‌تواند در این عرصه، به عنوان یک فناوری منحصراً به فرد مورد توجه باشد. با استفاده از این فناوری، با تخریب میکروب‌ها و اصلاح سطح بستر مواد غذایی، بدون تأثیر جدی در سایر ویژگی‌های مواد، استریلیزاسیون انجام می‌شود [5]. پلاسما با دیواره بیولوژیکی سلول‌های میکروارگانیسم‌ها واکنش داده و منجر به مرگ آنها می‌شود. با توجه به آنکه تکنیک‌های پلاسمایی از جمله تکنیک‌هایی هستند که در دماهای محیطی مؤثر هستند، از این رو حداقل اثرات حرارتی بر روی پارامترهای کیفیت تغذیه‌ای و حسی مواد غذایی دارند. اگرچه هنوز کاربرد پلاسمای سرد در صنایع غذایی آنچنان وسیع نیست، اما در آینده امیدواریم که فناوری پلاسما تبدیل به فناوری رایج در صنایع غذایی شود. حقیقت نظر در 1398، با به کارگیری پلاسما کلینر و بررسی آن بر روی چای در توان و زمان‌های مختلف و ارزیابی برخی مطلوبیت‌های آن، از جمله پارامترهای رنگ، نشان داد که پلاسما بدون ایجاد تغییر

جدول 2. بار میکروبی پسته بدون پوست با دستگاه پلاسما تورچ در توان 250 w و در فاصله ثابت 3 cm از نقطه‌ی مرکزی پسته

میانگین 3 بار اندازه‌گیری بار میکروبی	بار میکروبی (تکرار 3)	بار میکروبی (تکرار 2)	بار میکروبی (تکرار 1)	بار میکروبی زمان (ثانیه)
5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3	نمونه شاهد پسته
$2/66 \times 10^3$	3×10^3	3×10^3	2×10^3	20
$2/33 \times 10^2$	2×10^2	2×10^2	3×10^2	40



نمودار 1. مقایسه بار میکروبی در پلاسما تورچ و پلاسما کلینر

نمودار 1، مقایسه‌ی روند کاهش بار میکروبی در دستگاه پلاسما تورچ و پلاسما کلینر را نشان می‌دهد. اگرچه، توان تورچ نسبت به توان کلینر 5 برابر افزایش پیدا کرده است، اما زمان اصلاح با تورچ پلاسما $\frac{1}{60} = \frac{20}{1200}$ ، زمان اصلاح با کلینر است. همان گونه که اشاره شد، کم بودن زمان اصلاح، از اهمیت بیشتری برخوردار است. به علاوه رسیدن به توان بالاتر از نظر اقتصادی هزینه‌ی بالایی ندارد. اما اصلاح در زمان‌های طولانی (چندین دقیقه) ایجاد خسارت در صنعت و کاهش در سودآوری می‌شود. اندازه‌گیری‌ها نشان دادند؛ که بار میکروبی گل‌برگ گل‌سرخ و غنچه گل‌سرخ هر دو برابر 20×10^2 در رقت 10^{-2} بود و بر این اساس، تمایز و تفاوتی بین گلبرگ‌های مورد آزمایش و یا غنچه گل با اضافات آن در نمونه شاهد مشاهده نشد. در مرحله بعد، به منظور بررسی اثر پلاسما بر گلبرگ و غنچه گل‌سرخ، اصلاح با پلاسما تورچ و پلاسما کلینر بر روی هر دو شکل گل‌سرخ انجام شد. نتایج حاکی از آن بود که، پلاسما به خوبی توانسته است تعداد باکتری‌ها و آلودگی روری هر دو شکل گل‌سرخ را به طور معنی‌داری کاهش دهد. این کاهش در بار میکروبی، در نمونه‌های گلبرگ اصلاح شده با دستگاه پلاسما تورچ در توان و زمان مشخص شده و یکسان در همان رقت، نسبت به نمونه‌ی غنچه گل‌سرخ در همان شرایط، محسوس‌تر است. اما نتایج در اصلاح با پلاسما کلینر، برخلاف نتایج پلاسما تورچ بود. بار میکروبی غنچه گل‌سرخ اصلاح شده با دستگاه کلینر در توان و زمان مشخص نسبت به بار میکروبی نمونه گلبرگ اصلاح شده در همان شرایط زمانی و توانی و همان رقت، کاهش محسوس‌تری داشته است. بار میکروبی نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های اصلاح شده با دستگاه پلاسما تورچ و پلاسما کلینر، در زمان و توان مشخص، در جدول 2 آورده شده است.

منظور اندازه‌گیری بار میکروبی روی آن‌ها، درون پلیت‌های در بسته به آزمایشگاه میکروبیولوژی تحویل داده شدند. شمارش بار میکروبی نمونه‌ها، مطابق با استاندارد 5272 در آزمایشگاه میکروبیولوژی اندازه‌گیری شدند. دستگاه پلاسما کلینر به عنوان یکی از پرکاربردترین سامانه‌های پلاسمایی در زمینه ضد عفونی مواد غذایی مطرح است. همچنین با استفاده از دستگاه پلاسما تورچ، در فاصله‌ی 2 سانتی متری نازل از سطح گل‌سرخ، با تغییر توان و اندازه‌گیری زمان، تغییر رنگ نمونه‌ها در اثر تابش پلاسما بررسی شده‌اند. با استفاده از پلاسما تورچ، می‌توان هرگونه آلودگی از سطح ماده را برطرف نمود. مشعل پلاسما عمدتاً در فشار اتم‌سفر عمل می‌کند. درون محفظه از طریق تخلیه ولتاژ بالا یک پلاسما تولید می‌شود و از طریق تخلیه الکتریکی جریان هوای تمیز یا مخلوطی از هوا با گازهای خاص تزریق می‌شود. از آنجایی که فاکتور زمان همیشه مهم و مدنظر پژوهشگران و بخصوص فعالان صنعت و تجارت بوده است، زمان‌های 20، 30 و 40 ثانیه به منظور اصلاح در این پروژه انتخاب شدند.

بحث

تغییرات شکل ظاهری پسته، فاکتور مهمی در انتخاب و خرید پسته برای عموم است. به همین جهت برای محصول پسته‌ی تازه، مرز یافتن بهترین بازه زمانی و توانی که تأثیری بر شکل ظاهری پسته نگذارد، از الویت‌های انجام این پژوهش بوده است. تیمار در توان و زمان بالا، در فاصله‌ی کم، به دلیل تأثیر ناخوشایندی که بر شکل ظاهری پسته داشت، از دور تیمار خارج شد. مشاهدات بصری نشان دادند، توان 200 W، با فاصله‌ی 2 cm، به صورت سوختگی نقطه‌ای روی پوست پسته ظاهر شد. دمای پسته تغییر کرد و مغز پسته نیز دچار تغییر دما شد. در زمان اصلاح 15 s، در همان توان 200 W، سوختگی کمتری روی پوست ایجاد شد. در اصلاح با توان 300 W و در مدت زمان 15 s، با فاصله‌ی 1 cm، سوختگی خیلی زیادی روی سطح پسته ایجاد شد. بوی سوختگی نیز از پسته به مشام رسید. در رقت 10^{-5} ، تغییر محسوسی در بار میکروبی پسته اصلاح نشده و پسته اصلاح شده، مشاهده نشد. در رقت‌های پایین‌تر، بار میکروبی نمونه اصلاح شده در مقایسه با بار میکروبی نمونه اصلاح نشده، تغییرات چشمگیری داشت. به همین جهت از رقت‌های پایین‌تر برای اندازه‌گیری بار میکروبی استفاده شده است. نتایج بار میکروبی نمونه‌های شاهد و اصلاح شده پسته با پوست و پسته بدون پوست در توان بهینه ثابت 250 W و در زمان‌های 20 و 40 s، در جدول‌های زیر آورده شده است.

جدول 1. بار میکروبی پوست پسته تازه با دستگاه پلاسما تورچ در توان 250 w و در فاصله ثابت 3 cm

میانگین 3 بار اندازه‌گیری بار میکروبی	بار میکروبی (تکرار 3)	بار میکروبی (تکرار 2)	بار میکروبی (تکرار 1)	بار میکروبی زمان (ثانیه)
$4/66 \times 10^4$	4×10^4	5×10^4	5×10^4	نمونه شاهد پوست پسته
$2/66 \times 10^4$	3×10^4	3×10^4	2×10^4	20
$3/33 \times 10^2$	3×10^3	4×10^3	3×10^3	40

دستگاه پلاسما تورچ توانسته است بار میکروبی روی پسته تازه را نصف کند. با افزایش زمان تابش، به دلیل افزایش گونه‌های اعمال واکنشی و سایر گونه‌های تولید شده در پلاسما، آلودگی‌زدایی سطحی افزایش پیدا می‌کند. در مقایسه عملکرد پلاسما تورچ نسبت به پلاسما کلینر برای کاهش بار میکروبی در پسته تازه و خشک، و با در نظر گرفتن نتایج و مقایسه‌ی آنها، از نظر اقتصادی و امکان ساخت، استفاده از پلاسما تورچ، در صنعت و تجارت ارجح است. پلاسما کلینر، فناوری پیشرفته است و بدلیل استفاده از پمپ خلا برای پایین آوردن فشار محفظه، فناوری پرهزینه و زمانبری است. با توجه به آنکه زمان و هزینه فرآیند تامین پلاسما، فاکتور مهمی در امکان تجاری سازی این پروژه و استفاده از آن در صنعت است می‌توان انتظار داشت با استفاده از پلاسما تورچ (با مصرف قابل قبول انرژی و زمان محدود بکارگیری پلاسما) امکان اقتصادی شدن فرآیند استریل گل سرخ و پسته و صنعتی سازی آن میسر گردد و در نتیجه امکان مصرف و صادرات پسته و گل سرخ فراهم شود. جهت بررسی شرایط و امکان تجاری سازی فرآیند یاد شده، نمونه شاهد از بازار (که عموماً مورد مصرف عامه مردم) تهیه شده و بار میکروبی آن مبنا قرار گرفته است. از سوی دیگر، روند باکتری زدایی و کاهش بار میکروبی در این نمونه‌ها، متناسب با روند کاهش بار میکروبی در مراحل نهایی موارد مشابه است [6] و [7].

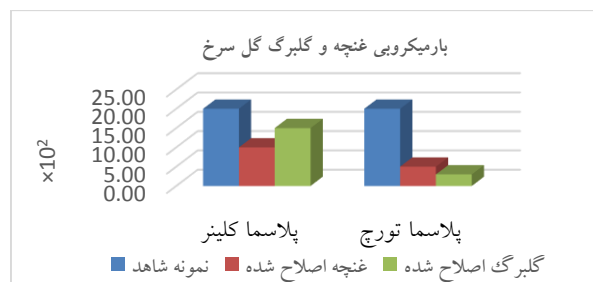
مرجع ها

- [1] خلیلی، ف. (1394)، بررسی اثر پلاسمای غیرحرارتی گلایدینگ آرک در میکروبی زدایی بادم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- [2] حسامی راد، ر. و نژاد رزمجوی اخگر، را، (1391)، روش نوین نگهداری مواد غذایی با استفاده از فشار هیدرواستاتیک بالا، دومین همایش ملی تنوع زیستی و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه.
- [3] فرقانی، م. (1394)، کاربرد امواج مایکروویو در صنایع غذایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد آیت الله امینی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.
- [4] حاج محمدی، ح. (1390)، تاثیر تیمار گرمایشی مایکروویو بر کنترل آفات انباری محصول پسته مطالعه موردی: شب‌پره هندی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.
- [5] فلاحی، ن. (1397)، بررسی توانایی دستگاه پلاسمای غیرحرارتی تحت خلا در غیرفعال سازی میکروارگانیسم‌های پسته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته میکروبیولوژی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- [6] حقیقت نظر، نرگس. (1397)، استریل‌چای توسط پلاسما، ششمین کنفرانس فیزیک و مهندسی پلاسما، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره).
- [7] جمالی، ا. (1399)، استریلیزاسیون پسته با استفاده از پلاسمای غیرحرارتی در فشار پایین، مقاله نامه کنفرانس فیزیک ایران، دانشگاه رازی، کرمانشاه.

جدول 2. بار میکروبی غنچه گل سرخ، قبل و بعد از اصلاح پلاسمایی

نمونه	بار میکروبی در رقت 10^{-2}	بار میکروبی در رقت 10^{-3}
شاهد گل برگ و غنچه گل سرخ	20×10^2	20×10^3
تورچ (غنچه) پلاسما $t = 30 \text{ s}$ و $P = 200 \text{ W}$	5×10^2	$< 10^3$
کلینر (غنچه) پلاسما $t = 300 \text{ s}$ و $P = 100 \text{ W}$	10×10^2	2×10^3
تورچ (گلبرگ) پلاسما $t = 30 \text{ s}$ و $P = 200 \text{ W}$	3×10^2	$< 10^3$
کلینر (گلبرگ) پلاسما $t = 300 \text{ s}$ و $P = 100 \text{ W}$	15×10^2	2×10^3

می‌توان نتیجه گرفت تاثیر پلاسما تورچ در کاهش بار میکروبی در نمونه گلبرگ گل سرخ بیشتر بوده است. در حالیکه اثر کاهش بار میکروبی در نمونه غنچه گل سرخ اصلاح شده با دستگاه پلاسما کلینر، بیشتر بوده است (نمودار 1). البته توجه به این نکته ضروری است که توان اصلاحی پلاسما کلینر 100 W در مدت زمان 300s بوده است، در حالیکه توان اصلاحی پلاسما تورچ، 200 W در 30 s بوده است.



نمودار 1. مقایسه بار میکروبی نمونه شاهد و نمونه‌های اصلاح شده با پلاسما تورچ و کلینر در غنچه و گل برگ گل سرخ

با توجه به محدودیت در افزایش توان و زمان تابش پلاسما به نمونه‌ها، و لزوم امکان ساخت دستگاه استریل پلاسمایی بهینه و مقرون به صرفه در صنعت و تجارت، به منظور افزایش در صادرات و زمان ماندگاری محصول، مهم‌ترین فاکتور کم بودن زمان اصلاح و بعد از آن، هزینه‌های اولیه و جاری چنین تجهیزاتی است. محدودیت دیگر را می‌توان به حفظ ظاهر و عدم تغییر شکل و رنگ محصول (گل سرخ) نسبت داد. جدول 3، اثر تغییرات توان و زمان بر تغییر شکل ظاهری نمونه غنچه گل سرخ با دستگاه پلاسما تورچ در فاصله‌ی 2 سانتی‌متری نازل از سطح نمونه را نشان می‌دهد.

جدول 3. اثر تابش پلاسما بر تغییر شکل ظاهری گل سرخ با دستگاه تورچ

توان (وات)	تغییر رنگ (ثانیه)
400 W	2 s
350 W	4 s
300 W	7 s
250 W	8 s
200 W	9 s
150 W	43 s
100 W	بالای 10 دقیقه

نتیجه‌گیری

به طور کلی از نتایج به دست آمده پیدا است که پلاسما به خوبی توانسته است، کاهش معناداری بر روی میزان بار میکروبی تمام نمونه‌ها بگذارد و یک روش مناسب برای استریل مواد غذایی و مغزیجات است. به طور تقریبی اصلاح با