

پلاسمای سرد و کاربرد آن در صنایع غذایی

مقدمه

ایمنی و سلامت مواد غذایی یک نگرانی عمده برای صنعت غذا، سازمان های نظارتی و همچنین مصرف کنندگان است. پاتوژن های موجود در مواد غذایی و میکروب های مولد فساد از عوامل مشکل ساز در صنعت هستند که مسبب به خطر انداختن سلامت عمومی و ضرر و زیان های اقتصادی فراوان می شوند.

روش های متنوعی برای از بین بردن این میکروارگانیسم ها وجود دارد که از جمله آنها می توان به پاستوریزاسیون، اتو کلاو کردن، گرمایش اهمی و ... اشاره داشت. فن آوری حرارتی تاثیرات جانبی مخرب بر روی خواص تغذیه ای، ویژگی های حسی و کاربردی مواد غذایی تیمار شده دارد. اما در سال های اخیر دانشمندان به دنبال توسعه ی روش های جدیدتر جهت حفظ تازگی محصول نهایی، دست یابی به کیفیت بالا و همچنین تضمین سلامت محصول از نظر میکروبی بوده اند. بنابر این روش های غیر حرارتی برای پاستوریزه و استرلیزه کردن مواد غذایی از جمله HPP, PEF, میدان مغناطیسی، اولتراسوند و ... مورد مطالعه و بررسی گرفته است.

تعدادی از روش های نوین فرآوری مواد غذایی همچنان در حال تحقیق و توسعه هستند اما برخی از آنها مورد تایید سازمان های نظارتی قرار گرفته و در صنعت مورد استفاده قرار میگیرند. برای مثال استفاده از فشار هیدرواستاتیک بالا که به صورت ترکیبی با سایر فرایندهای حرارتی به عنوان یک روش جایگزین برای استرلیزه کردن محصولات خاص در آمریکا استفاده میشود.

این فرایند ها نسبت به روش های مرسوم کیفیت ماده غذایی را بیشتر و بهتر حفظ میکنند. اما از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیستند و نیاز به تجهیزات تخصصی و افراد آموزش دیده دارد. علاوه بر این ایمنی اینگونه فرایندها و همچنین پذیرش آنها از طریق مشتری باید در نظر گرفته شود.

پلاسمای غیر حرارتی قادر است با استفاده از نیروی گاز یونیزه شده به شکل چشم گیری سبب نابود سازی باکتری ها، قارچ ها، کپک ها و سایر میکروارگانیسم های آلوده کننده مواد غذایی شود. پلاسمای سرد یک تکنیک جدید برای فرآوری مواد غذایی است که با توجه به غیر حرارتی بودن آن میتواند جایگزین مناسبی برای سایر روش های شیمیایی (مانند تیمار با کلرین) و روش های فیزیکی (مانند فرایندهای فشار بالا، پالس های الکتریکی، اشعه یونیزه کننده) مورد استفاده برای استرلیزاسیون مواد غذایی باشد از آنجائیکه در این روش از هیچ ماده شیمیایی جهت نابود سازی میکروارگانیسم ها استفاده نمی شود بنابر این مضرات روش هایی را که در آنها از مواد شیمیایی استفاده شده است را ندارد.

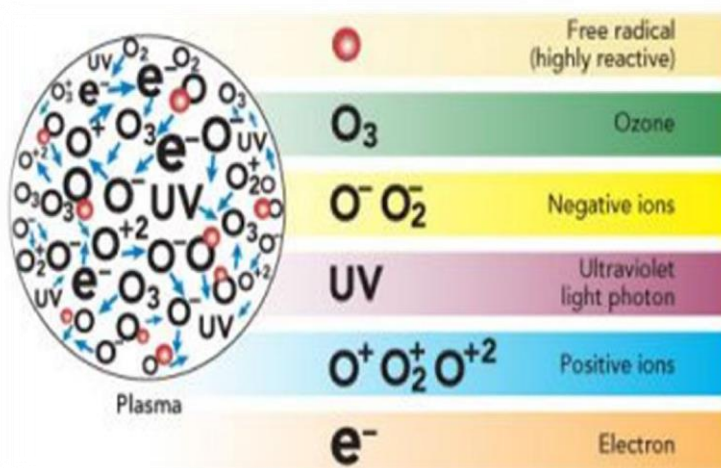
پلاسمای استفاده شده بصورت غیر حرارتی بوده و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و فشار اتمسفر عمل می کند، در مقایسه با روش هایی که از حرارت و فشار بالا استفاده می کنند، هیچ صدمه ای به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ماده غذایی مورد نظر وارد نمی شود. همچنین بدلیل اینکه در این روش از پرتو های پر انرژی نظیر پرتو دهی گاما استفاده نمی شود، به خصوصیات تغذیه ای ماده غذایی هیچ صدمه ای وارد نشده و مواد حساس به حرارت مانند ویتامین ها و مواد طعم دهنده ها سالم باقی میمانند. این روش در مقایسه با روش های پرتو دهی، هزینه به مراتب کمتری مورد نیاز است و نیاز به مواد اولیه مصرفی ندارد.

تعریف پلاسما

برای ماده علاوه بر سه حالت جامد ، مایع و گاز، يك حالت چهارم نیز با عنوان پلاسما در نظر گرفته می شود. کلمه پلاسما از یک واژه یونانی به معنی هر چیز شکل پذیر یا به قالب ریخته شده گرفته شده است. پلاسما بعلت رفتار جمعی که از خود نشان می دهد گرایشی به متاثر شدن در اثر عوامل خارجی ندارد و اغلب طوری رفتار می کند که گویا دارای رفتار مخصوص به خودش است.

اغلب گفته می شود که ۹۹٪ ماده موجود در طبیعت در حالت پلاسماست، در زندگی روزمره نیز با چند نمونه محدود از پلاسما مواجه می شویم. جرقه رعد و برق، تابش ملایم شفق قطبی، گازهای داخل يك لامپ فلورسان یا لامپ نئون و یونیزاسیون مختصری که در گازهای خروجی يك موشك دیده می شود.

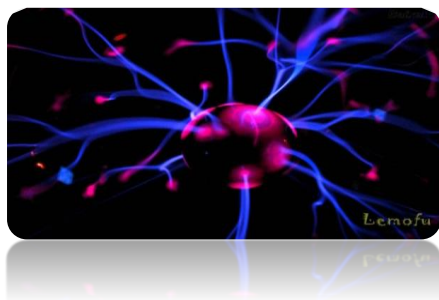
پلاسما به بیان ساده یک گاز یونیزه شده است. در بیشتر کاربردهای عملی منظور آن است که کسری از اتمها در یک گاز یونیزه می شوند و این یون ها، الکترونها و اتمهای خنثی گاز به اتفاق هم در یک اتاقک به سر می برند.



گاز یونیزه شده چه توانایی داره؟

اجزای تشکیل دهنده پلاسما تحت تاثیر یک منبع حاوی انرژی شتاب زیادی پیدا کرده و انرژی بسیار زیادی را در خود ذخیره میکنند در نتیجه توانایی یونیزه کردن ، تحریک کردن، و شکافتن مولکول های گاز و اتمها را در

واکنش‌های شیمیایی بدست می‌آورند. اگر سطحی را در معرض بمباران این یونها قرار دهیم، می‌توان از انرژی آنها در فرسایش فیزیکی سطح و کاشت یون در آن استفاده نمود.



روش های تولید پلاسما

راه های مختلفی برای برای اعمال انرژی به گاز خنثی جهت تولید پلاسما وجود دارد که در واقع اساس کار همه آنها تجزیه باند های ملکولی است. از جمله ی آنها میتوان به حرارت ، فشار ، واکنش های شیمیایی ، میدان الکتریکی ، ایجاد میدان الکترومغناطیس قوی، لیزر، مولد ماکروویو و... اشاره داشت اما رایج ترین روش برای تولید و پایدار نگه داشتن یک پلاسمای سرد اتمسفری برای کاربرد های تکنیکی و تکنولوژی اعمال میدان الکتریکی به یک گاز خنثی است.

از دیدگاه ماکروسکوپی پلاسما به لحاظ الکتریکی خنثی است اما به دلیل دارا بودن حمل کننده های باردار آزاد هادی جریان الکتریکی بوده و هدایت الکتریکی آن حتی از فلزاتی همچون طلا و مس نیز بیشتر است. اساسا هر حجمی از یک گاز خنثی، همیشه دارای مقدار کمی الکترون و یون است که قبلا در نتیجه ی برخورد تشعشعات کیهانی و یا تابش های رادیو اکتیو تشکیل شده اند. با اعمال میدان الکتریکی این ذرات باردار آزاد سرعت میگیرند و هنگام برخورد این ذرات با اتم ها و ملکول های درون گاز یا سطح الکترودها، ذرات باردار جدید تولید میشوند. این عمل معمولا منجر به تولید بهمنی از ذرات باردار میشود که در نهایت با رسیدن به تعادل ، پلاسمای پایدار پدید می آید.

اساس کار پلاسما تخلیه الکتریکی است:

تخلیه الکتریکی یعنی چه؟

برای جدا کردن الکترون ها از اتم و مولکول های گازی و نیاز به تزریق مداوم انرژی به محیط داریم که به ۲ صورت انجام می پذیرد:

روش پالسی مانند تولید رعد و برق

روش پیوسته مانند لامپ مهتابی

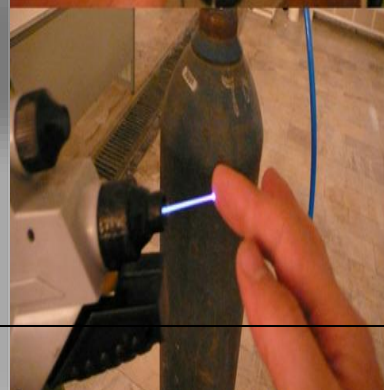
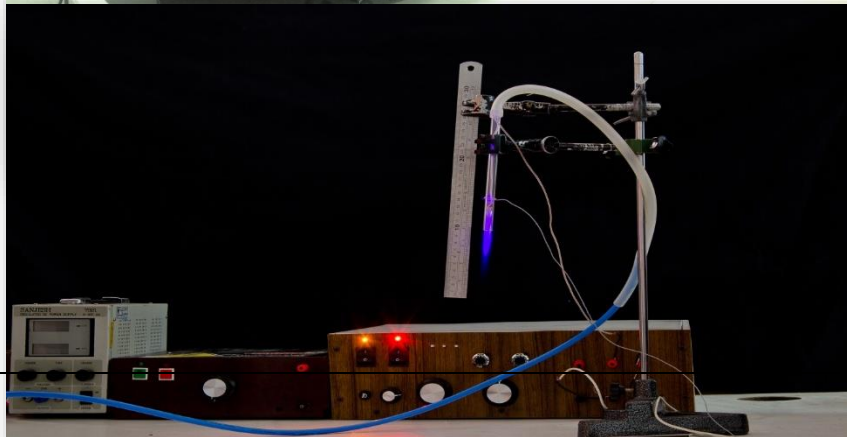
رعد و برق یکی از نمونه های تخلیه الکتریکی پالسی میباشد. هوای اطراف ما غیر هادی است، اما هنگام طوفان در اثر مالش ابرها، اختلاف پتانسیل زیادی بین ابرها و زمین ایجاد میشود. این اختلاف پتانسیل زیاد، باعث میشود که بخشی از هوا یونیزه شده و بتواند جریان الکتریکی را از ابرها به زمین منتقل کند که عمل تخلیه نورانی ابرها ناشی از همین یونیزه شدن هوا و ایجاد پلاسما در آن ناحیه است. لامپ مهتابی از نمونه های بارز

تخلیه الکتریکی پیوسته است. که در آن توان الکتریکی از برق شهر به صورت مداوم در تیوب مهتابی تزریق شده لذا ذرات گاز به طور دائم یونیزه یا بر انگیزته می شوند. و لامپ به طور پیوسته کار می کند.



تخلیه گازی در آزمایشگاه:

تخلیه گازی را میتوان به صورت دو الکتروود قرار داده شده درون یک لوله شیشه ای و متصل شده به یک منبع انرژی در نظر گرفت که این لوله میتواند پر از انواع مختلف گاز باشد. در چنین سامانه ای با افزایش ولتاژ دو الکتروود، جریان به طور ناگهانی و سریع افزایش میابد و در ولتاژ خاص، ریزش عظیم الکترونی اتفاق می افتد در این حالت گاز موجود در درون لوله هادی جریان الکتریکی میشود و تخلیه گازی شکل میگیرد.



کاربرد پلاسما :

دو طبقه بندی کلی برای چگونگی کاربرد پلاسما وجود دارد. اولی شامل استفاده از یونهای موجود در پلاسما می باشد، بدین ترتیب که بوسیله یک میدان الکتریکی، یونها را از لبه پلاسما شتاب می دهند. اگر سطحی را در معرض بمباران این یونها قرار دهیم، می توان از انرژی آنها در فرسایش فیزیکی سطح و کاشت یون در آن استفاده نمود. دومین کاربرد کلی پلاسما عبارت است از تولید ذرات پرانرژی یا شبه پایدار در گاز از قبیل حالت های برانگیخته اتمها و یونها، مولکولهایی که از نظر شیمیایی فعال هستند. حضور این گونه های ذرات شبه پایدار و پرانرژی باعث بروز پدیده های سطحی مختلف از قبیل (حکاک حاصل از واکنش) یا نشست می شوند، که البته بدون حضور پلاسما و تنها بوسیله حرارت چنین پدیده ای اتفاق نمی افتد.

بیشترین استفاده و کاربرد پلاسما سرد در صنایع غذایی به دلیل واکنش انواع پلاسما به ویژه Reactive oxygen species (ROS) و Reactive nitrogen species (RNS) میباشد. واکنش های یاد شده شامل رادیکال های هیدروکسیل (OH)، سوپر اکسید O_2^- ، اتم های اکسیژن برانگیخته، اکسید نیتروژن (NO)، آب اسیژنه (H_2O_2) و ازن (O_3) هستند. تعدادی از این گازها به ویژه رادیکال OH و اکسیژن برانگیخته (Singlet oxygen) بسیار ناپایدار هستند به ویژه در محیط هایی که رطوبت هوا بالا باشد. ولی برخی دیگر مثل H_2O_2 و O_3 به طور قابل توجهی پایدار می مانند.

طبقه بندی پلاسما

پلاسمای طبیعی :

هاله خورشیدی – بادهای خورشیدی – یونوسفر جو زمین

برای توضیح یونوسفر: در ارتفاع ۱۰۰ کیلومتری از زمین در اثر تابش خورشید ملکول ها و اتمهای گازی یونیزه شده و تشکیل پلاسما میدهند. یونوسفر جو نمونه ای از پلاسما فشار پایین است که به صورت طبیعی تشکیل میشود.

پلاسمای ساختگی:

از آنجایی که پلاسما در محدوده گسترده ای از فشار تشکیل میشود، در نتیجه انواع پلاسما را با واژه های دمای الکترون و چگالی یا تراکم الکترون طبقه بندی میکنند. دمای الکترون به صورت الکترون ولت بیان میگردد که یک الکترون ولت تقریباً برابر ۱۱۶۰۰ کلوین میباشد. اصولاً محدوده دمای پلاسمای ساختگی از کمی بالاتر از دمای اتاق شروع و تا دماهای قابل مقایسه با درون ستاره ها ادامه میابد. محدوده چگالی الکترون پلاسما تا بیش از 10^{26} الکترون بر متر مربع میرسد. اما به هر حال اکثر پلاسماهایی که اهمیت کاربردی دارند دارای دمای الکترون ۱ تا ۲۰ الکترون ولت و چگالی الکترون در محدوده 10^{12} تا 10^{24} الکترون بر متر مکعب هستند.

پلاسمای ساختگی شامل :

- ✓ پلاسمای سرد یا پلاسمای بدون تعادل ترمودینامیکی ناحیه ای
- ✓ پلاسمای گرم یا پلاسمای تعادل ترمودینامیکی ناحیه ای

پلاسمای گرم (LTE)

اصولاً برای تولید پلاسمای گرم لازم است که تغییر حالت ها و واکنش های شیمیایی بر اساس برخورد اجزا با یکدیگر باشد. برای مثال اعمال انرژی حرارتی که در این روش به وسیله شعله یا فشار آدیاباتیک میتوان دمای گاز افزایش داد.

در اثر افزایش دما، انرژی همه ی ذرات گازی زیاد می شود. ذره های داغ به این طرف و آن طرف می روند و با یکدیگر برخورد می کنند. اگر بتوان دما را به اندازه ی کافی بالا برد، برخورد الکترون ها به اندازه ای شدید خواهند بود که باعث کندن الکترون ها از هسته های اتم می شوند و حالت یونش کامل را به وجود می آورند. دمای لازم برای رسیدن به این نوع یونش گازی را بر حسب هزاران درجه ی سلسیوس اندازه می گیرند. تا نقطه ی تشکیل پلاسما افزایش داد. این روش به دلیل حرارت بالا و ظرفیت پایین آن در صنعت مورد استفاده قرار نمیگیرد.

پلاسمای سرد: پلاسمای فشار پایین – پلاسمای فشار اتمسفری

دلیل سرد بودن پلاسما چیست ؟؟

در بیشتر فرآیند های پلاسما به دلیل پایین بودن کسر یونیزاسیون اتم ها و یون ها فوراً انرژی که کسب کرده اند را از دست داده، به حالت زمینه گونه های خنثی باز می گردند. در یک پلاسما با کسر یونیزاسیون 10^{-4} ، به ازای هر یون ۱۰۰۰۰ اتم سرد در گاز وجود دارد. یون در اثر برخوردهای متعدد با این اتم ها مجدداً به دمای اولیه گازی می رسد. این دما، از دمای اتاق تا چند صد درجه سلسیوس تغییر می کند. انرژی مورد نیاز برای شکستن پیوندهای شیمیایی و یا برانگیختن گونه های اتمی یا ملکولی به حالت های مختلف بین ۰/۱ تا ۲ الکترون ولت است. توزیع انرژی الکترون نیز در این محدوده می باشد.

پلاسمای سرد فشار پایین

کاهش فشار سیستم تا زیر ۱ اتمسفر سبب میشود ولتاژ مورد نیاز برای یونیزاسیون کاهش یابد. پلاسمای سرد فشار پایین نیروی کمتری را برای تولید پلاسمای فعال ضدمیکروبی نیاز دارد. در راستای توسعه این تکنولوژی از محفظه های کاهنده فشار برای تولید پلاسما و توزیع آن در سطح ماده غذایی استفاده کرد.

همچنین باید یادآوری کنیم که روش های اولیه استریلیزاسیون پلاسمای فشار پایین از مخلوط گازهایی که اجزای اصلی آن خاصیت میکروب کشی مانند H_2O_2 و آلدهیدها داشتند، استفاده می کردند. مزیت های استریلیزاسیون با پلاسما زمانی آشکار می شود که از گازهایی (مانند هوا، هلیوم-هوا، هلیوم-اکسیژن، هلیوم-نیتروژن و مخلوط آنها) بدون خاصیت میکروب کشی استفاده می شود، این گازها تنها زمانی که پلاسما روشن می شود خاصیت میکروب کشی پیدا می کنند.

از معایب این روش میتوان به غیرپیوسته (Batch) بودن آن اشاره داشت. زیرا باید قبل از انجام تیمار خلا نسبی در دستگاه ایجاد شود. در مقیاس تجاری سیستم Batch دارای معایب تکنیکی از جمله کاهش سرعت فرآیند، توان عملیاتی و حجم محصول تحت فرآیند است. این روش برای محصولاتی مناسب است که نسبت به خلا نسبی ایجاد شده در سیستم مقاومت داشته باشد. در نتیجه برای غذاهایی که دارای خلل و فرج هستند مانند فلفل، آجیل و گوجه فرنگی مورد استفاده قرار نمیگیرد.

پلاسمای سرد فشار اتمسفری:

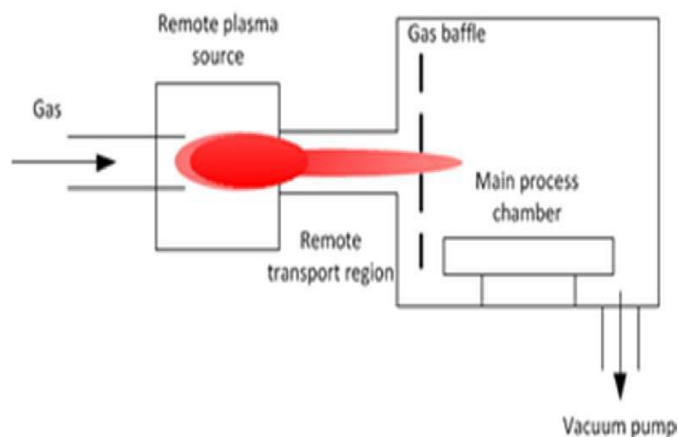
- ✓ نیاز به محفظه کاهش فشار ندارد.
- ✓ به وسیله ی انتقال محصول حرکت داده میشود.

یونیزه کردن در فشار اتمسفر سخت تر است و نیاز به ولتاژ بیشتری نسبت به پلاسما فشار پایین در همان فاصله الکتروودها دارد. بالا بردن ولتاژ باعث میشود حفظ پایداری و یکنواختی پلاسما سخت تر شود. در این روش ترکیب گاز مورد استفاده نقش بسزایی در پایین آوردن پتانسیل یونیزاسیون دارد. بهتر از مخلوط گازی استفاده شود که پتانسیل یونیزاسیون آن کمتر باشد. این روش برای تیمار پوست گوشت و پوست مرغ مناسب است.

انواع سیستم های پلاسما

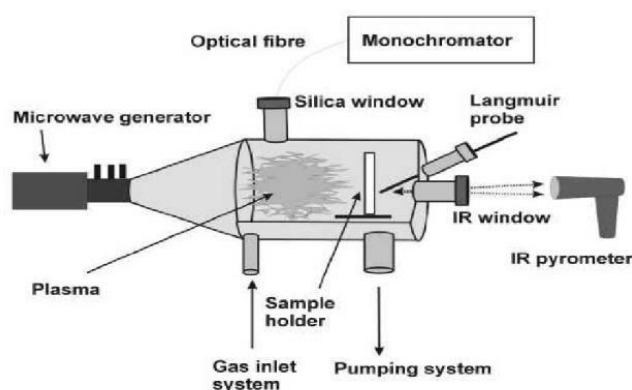
تیمار از راه دور:

پلاسما به صورت جریانی از گاز (feed gas) با فاصله از غذا حرکت میکند. در این روش ممکن است به هنگام عبور گاز از بالای محصول الکترون های آزاد با سایر ترکیبات فعال موجود در پلاسما مانند گونه های تک اتمی اکسیژن و یا نیتروژن مجدداً ترکیب شوند که در این صورت پلاسما غیرفعال میشود (quenched) که جز معایب این سیستم است. در نتیجه اثر پلاسما بر روی غذا کم میشود و از طرفی پسماندهای شیمیایی با طول عمر بالا ایجاد میکنند.



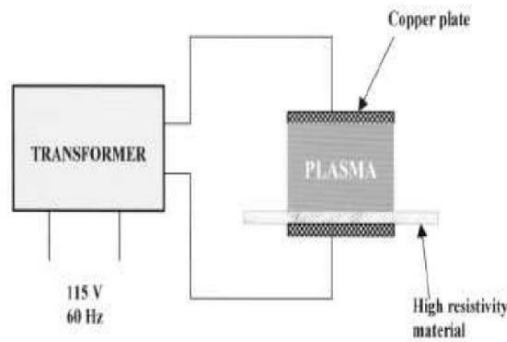
تیمار مستقیم:

در این روش پلاسمای فعال به طور مستقیم بر روی ماده غذایی اعمال میشود. به خاطر اینکه غذا نسبتاً به محل تولید پلازما نزدیک است در نتیجه با حداکثر میزان گونه های شیمیایی در تماس خواهد بود. این روش برای انواع غذاها با اشکال گوناگون و ترکیبات مختلف قابل استفاده است.



دسته سوم:

در این روش غذا بین الکترودهای تولیدکننده پلازما قرار گرفته و تمامی سطح ماده غذایی به صورت فیزیکی درون پلازما قرار میگیرد. در این روش ماده غذایی در معرض بیشترین حد از الکترون های آزاد، رادیکال ها، یون ها و به طور کلی ترکیبات ضد میکروبی قرار میگیرد. از معایب این روش این است که فاصله الکترودها یک محدودیت فیزیکی در این روش است. مواد تحت فرایند باید به معنی واقعی کلمه هم اندازه با فضای بین الکترودها باشد.



کاربرد پلاسما:

از کاربردهای آن میتوان به پاکسازی هوا در محیط های بسته، جداسازی گاز ازت از دود آگزوز ماشین ها ، تصفیه آب ، کاربرد در صنعت پارچه و بسته بندی، پاکسازی سطوح و ... نام برد.

استریلیزاسیون توسط پلاسمای سرد

هدف از استریلیزاسیون، کشتن یا حذف تمامی میکرو ارگانیسم های بیماریزا برای انسان و حیوان و میکرو ارگانیسم های مولد فساد مواد غذایی است. این روش قادر به کشتن قارچ ها اسپورها و ویروس ها می باشد.

استریلیزاسیون پلاسمای سرد به عنوان يك روش استریلیزاسیون در درجه حرارت و رطوبت پایین و با حداکثر دمای 35 °C در تمام دنیا تأیید و مورد استفاده قرار می گیرد. تعدادی از این گازها به ویژه رادیکال OH و اکسیژن برانگیخته (Singlet oxygen) بسیار ناپایدار هستند به ویژه در محیط هایی که رطوبت هوا بالا باشد.

از آنجایی که استریلیزاسیون در این تکنولوژی به روش فیزیکی انجام می شود، زمان استریلیزاسیون کاهش یافته و از تولید مواد سمی جلوگیری می شود.

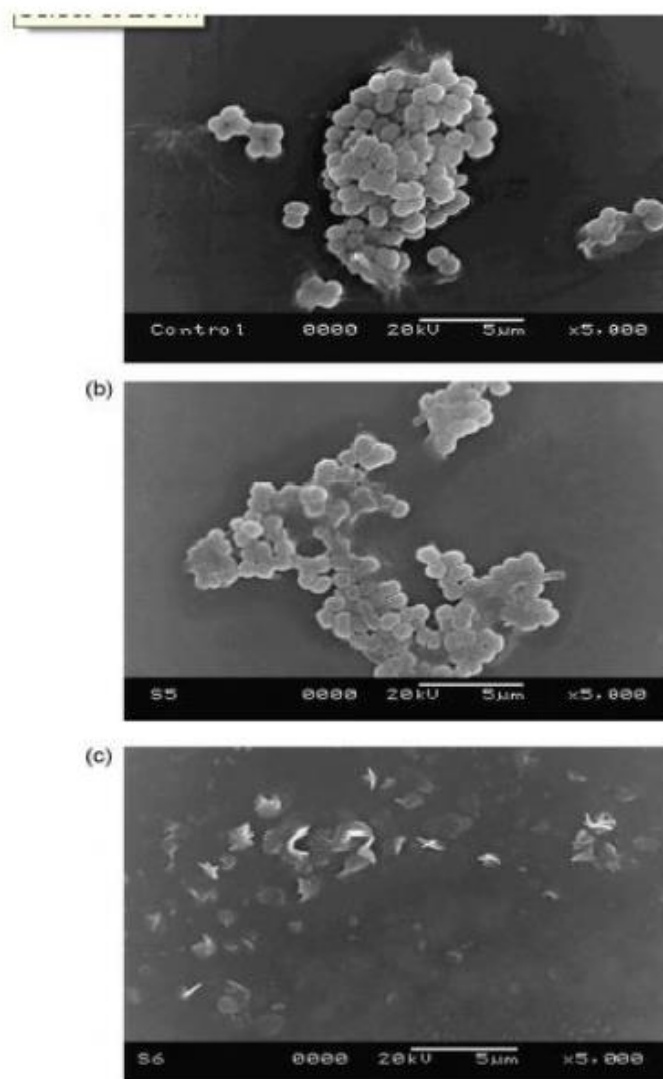
مکانیسم استریل کردن توسط پلاسما بر پایه خوردگی اتم به اتم سلول است، گونه های گازی پلاسما جذب میکروارگانیسم شده و با تخریب برگشت ناپذیر پروتئین ها و بیوملکول های زیستی، ترکیبات فرار تولید میکنند که از سطح سلول آزاد میشود. از آنجایی که توده میکروبی از کربن هیدروژن اکسیژن و نیتروژن تشکیل شده است و کربن تنها اتمی است که می توان با اتم های دیگر ترکیب شود و مواد فرار بسازد.

سه مکانیسم کلی جهت نابود سازی میکروارگانیسم ها با پلاسما :

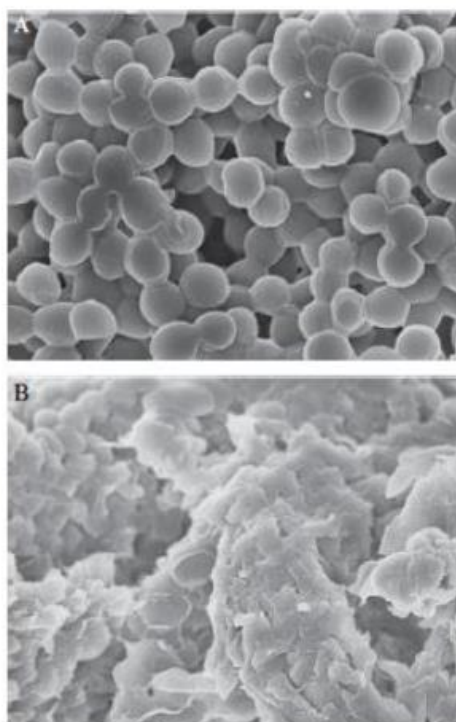
تخریب اجزا و غشا سلولی : تجمع ذرات باردار پلاسما بر روی سطح غشای سلولی میکروب باعث تخریب دیواره و کشته شدن آنها میگردد. بر هم کنش مستقیم سلول و ذرات باردار موجود در پلاسما که باعث اکسیداسیون لپیدها ، آمینو اسیدها و اسیدهای نوکلئیک توسط اکسیژن و نیتروژن فعال باعث تغییراتی در غشا سلولی و جراثت و مرگ میشود. اکسیداسیون توسط گونه‌های اکسید کننده ازت و اکسیدهای ازت صورت میگیرد. پروتئین ها نسبت به آسیب ناشی از اکسیداسیون، بویژه در محل هایی که اسید آمینه های گوگردی در آن یافت می شود، حساس اند. گونه های فعال فوتون های فرابنفش که حاصل از بازگشت گونه های برانگیخته به حالت پایه میباشد، با تخریب مستقیم مواد ژنتیکی میکروارگانیسم، آنها را به گونه ای تغییر میدهد که در تقسیم سلولی تداخل ایجاد کنند و سبب مرگ سلول میشوند. فوتون های UV و گونه های فعال تاثیر سینرژیستی بر کشتن میکروب ها دارند دراین صورت از بین رفتن میکروارگانیسم ها به این ترتیب افزایش می یابد. . آسیب اکسایشی DNA منجر به تجزیه بازها، تجزیه رشته های DNA می شود. (یک نوع تخریب که بویژه برای سلول مشکل است که ترمیم شود).

اگر چه همه سلول ها دارای حدودی از توانایی هستند تا آسیب های اکسایشی وارد بر پروتئین ها و DNA را ترمیم کنند، ولی آسیب های زیاد می تواند موجب جهش یا مرگ سلول شود. بنابراین گونه های ذرات خنثی فعال تولید شده بوسیله پلاسما اتمسفری غیر حرارتی ، بویژه OH و O_3 ، در غیر فعال سازی میکروارگانیسم ها به طور کلی در استرلیزاسیون مواد زیستی بسیار موثر هستند.

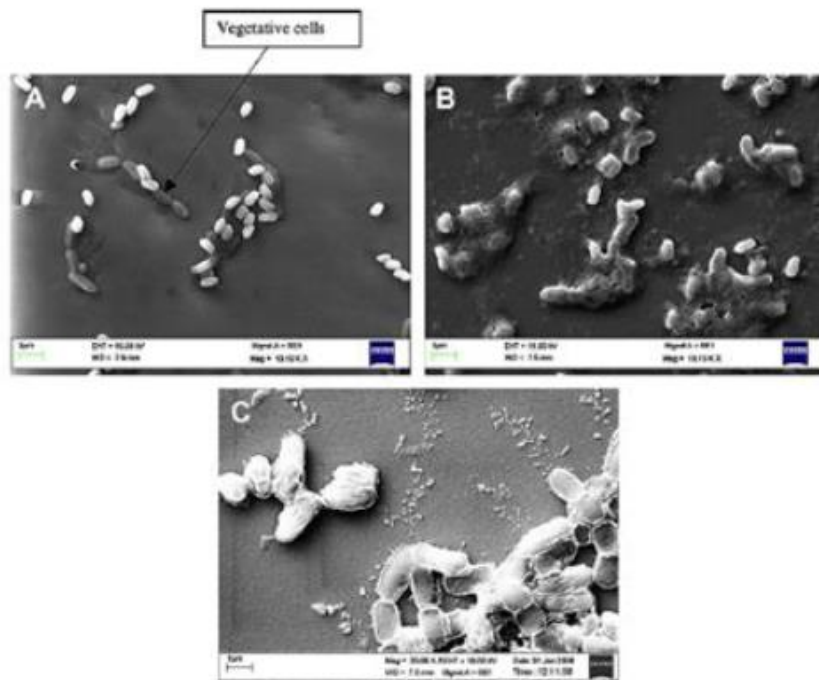
- ✓ مکانیسم عمل به ویژگیهای پلاسما به کار رفته و نوع میکروب بستگی دارد.
- ✓ نوع میکرب به گرم مثبت و گرم منفی بودن و وجود اسپور بستگی دارد.
- ✓ ویژگی پلاسما به ولتاژ مورد استفاده در تولید پلاسما گاز مورد استفاده ، رطوبت نسبی محیط مورد استفاده ، فاصله میکرب ها از جرقه های پلاسما بستگی دارد.



شکل (۱۵-۲) تصویر SEM استافیلوکوکوس ائوروس (a) کنترل (b) بعد از ۵ دقیقه تابش پلاسمای نیتروژن (c) بعد از ۵ دقیقه تابش پلاسمای اکسیژن نیتروژن



شکل (۲-۲۰) تصویر SEM استافیلو کوکوس ائوروس (a) قبل از تیمار (b) بعد از تیمار



شکل (۲-۱۳) اسکن باسیلوس سوبتیلیس با میکروسکوپ الکترونی (A) نمونه شاهد (B) بعد از ۶۰ دقیقه تابش پلاسما (C) بعد از ۱۲۰ دقیقه تابش پلاسما

کاربردهای پلاسمای سرد در صنعت غذا

استفاده از پلاسمای سرد جهت تیمار شیر

بررسی میکروبی شیر:

شیر و فراورده های شیری محیط های بسیار مغذی محسوب می شوند که میکروارگانیسم ها می توانند در آن رشد و تکثیر پیدا کنند و فساد آن را موجب شوند. تعداد و انواع میکروارگانیسم های موجود در شیرو فراورده های شیری به کیفیت میکروبی مواد اولیه، شرایط تولید فراورده ها، دما و طول مدت نگهداری بستگی دارد. باکتری های گرم منفی میله ای شکل (مانند) گونه های استرپتوکوکوس و مخمر ها و کپک ها متداول ترین میکروارگانیسم های مولد فساد در شیر می باشند.

انواع مختلفی باکتری های بیماری زایی که از شیر خام جداسازی شده اند شامل گونه های مایکو باکتریوم، سالمونلا، لیستریا مونوسیتوزنز، باسیلوس سرئوس، کمپیلوباکترژژونی، یرسینیا انتروکولیتیکا، اشرشیاکولی و استافیلوکوکوس اورئوس می باشند.

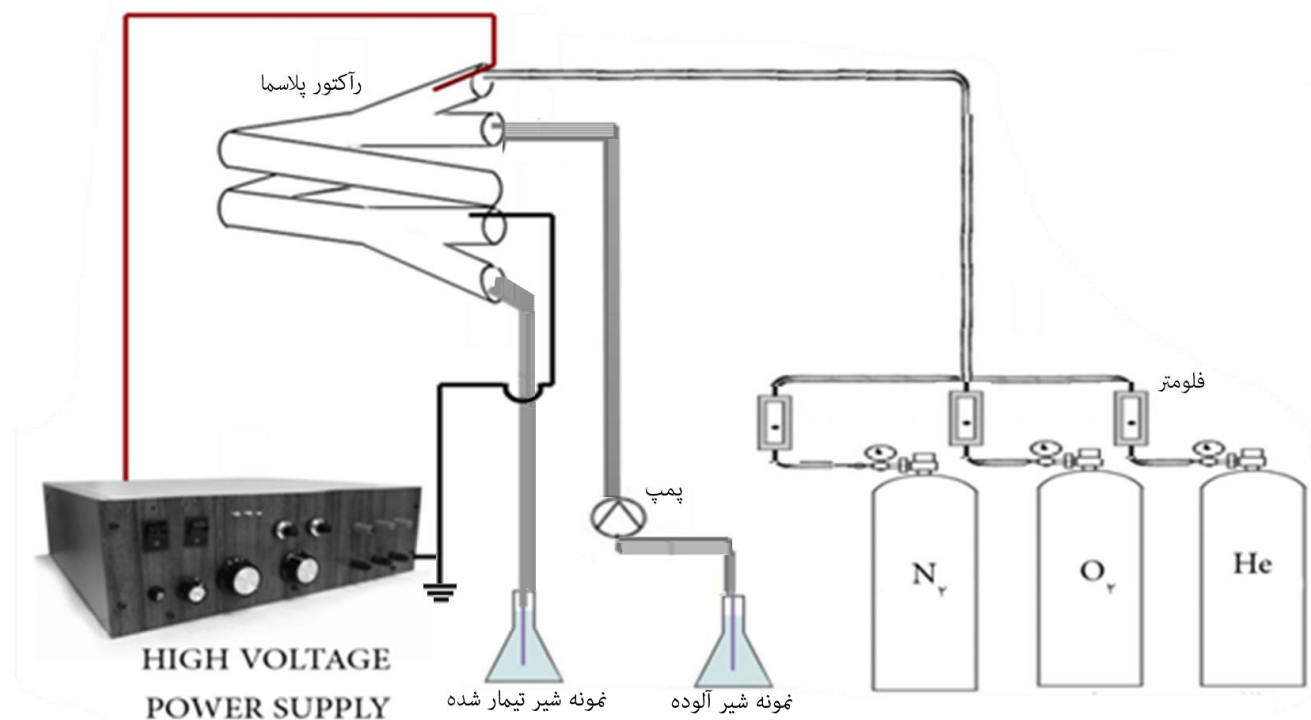
فرایند های حرارتی اعمال شده به شیر

- ✓ ترمیزاسیون
- ✓ پاسوریزاسیون
- ✓ استرلیزاسیون

در حال حاضر از بین بردن میکرو ارگانیزم های شیر به روش های پاستوریزاسیون و استرلیزاسیون و با استفاده از اعمال فرایند های حرارتی انجام می شود. روشهای حرارتی علاوه بر اینکه باعث تحمیل هزینه های هنگفتی در خط تولید محصولات لبنی می شوند، نمی توانند بطور کامل بار میکروبی شیر را از بین ببرند. شیر طی اعمال فرایند حرارتی ساختار شیر و خواص ارگانولپتیکی شیر دچار تغییر شده و در تولید سایر محصولات لبنی از شیر، کاربرد خود را از دست می دهد و در بسیاری از موارد محصولات حاصل، مشتری پسندی مطلوبی ندارند. در شیر پاستوریزه علاوه بر کاهش ویتامین C، ویتامین B₁ یا تیامین نیز به علت حساسیت در مقابل دما در حدود ۱۰-۲۵ درصد از بین می رود. کاهش ویتامین B₂ یا ریبوفلاوین نیز بصورت جزئی مشاهده شده است. تیمار های حرارتی اثر قابل توجهی روی طعم شیر دارند. تیمار های حرارتی مختلف منجر به ایجاد پروفیل های مختلف طعم و بنابر این انواع مختلف شیر می گردد.

استرلیزاسیون شیر با استفاده از پلاسما سرد

استفاده از ترکیب گازهای نیتروژن و اکسیژن به همراه گاز هلیوم در پلاسما اثر میکروب کشی بهتری را از خود نشان می دهند، بنابر این طی این پژوهش، گاز هلیوم با در صد های مختلفی از دو گاز نیتروژن و اکسیژن مورد بررسی قرار گرفت. با افزایش مدت زمان قرار گرفتن در معرض پلاسما، میزان نابود سازی میکروارگانیزم ها نیز افزایش می یابد بنابر این تلاش شد که با تغییر در سرعت عبور شیر، مدت زمان قرار گرفتن در معرض پلاسمای تشکیل شده بعنوان یک متغیر مورد مطالعه قرار گیرد. سپس با برقراری جریان گاز ترکیب شده با مقادیر ذکر شده و ایجاد اختلاف پتانسیل بالا بین دو الکترود متصل شده به سیستم، پلاسمای سرد اتمسفری ایجاد شد. جریان عبور شیر نیز که قبلا با سرعت های مشخص شده کالیبره شده بود، برقرار شد. در نهایت پس از تیمار، نمونه های شیر در ظروف در بسته جمع آوری شدند و رقیق سازی جهت کشت و شمارش بار میکروبی نمونه های شیر انجام شد. دمای شیر خروجی، بلافاصله هنگام خروج از رآکتور پلاسما و همچنین میزان pH نمونه ها اندازه گیری شد.



نتایج حاصل از تحقیق

یک پلاسما جت سرد اتمسفری با استفاده از ترکیب گاز هلیوم با مقادیر اندکی از گاز های اکسیژن و نیتروژن ایجاد شده و بصورت موفقیت آمیزی جهت نابود سازی انتروباکترآئروژنز و باسیلوس سرئوس تلقیح شده به شیر استریل بعنوان یک روش غیر حرارتی مورد استفاده قرار گرفت و شد.

✓ نتایج بررسی های مختلف نشان دادند استفاده از این روش هیچ تاثیر منفی بر میزان pH و خصوصیات ظاهری شیر نداشت.

✓ تغییر در سرعت عبور شیر تاثیر معنی داری روی میزان کاهش لگاریتمی باکتری های باسیلوس سرئوس و انتروباکترآئروژنز دارد و با کاهش سرعت عبور شیر، میزان از بین رفتن باکتری ها نیز به مراتب بیشتر می شود.

✓ دمای گاز خروجی از سیستم و همچنین دمای شیر تیمار شده بلافاصله پس از خروج از راکتور پلاسما مورد بررسی قرار گرفت و هیچگونه افزایش دمایی مشاهده نشد.

اثر آنتی باکتریال پلاسمای حاصل از ترکیب گاز های اکسیژن و نیتروژن به همراه گاز حامل هلیوم بیشتر از پلاسمای هلیوم خالص و یا ترکیب هلیوم با یکی از گاز های اکسیژن یا نیتروژن است، چنین می توان استنباط

کرد که وجود ترکیب گازهای اکسیژن و نیتروژن در پلاسما سبب ایجاد طیف گسترده تری از رادیکال های آزاد می شود .

○ بیشترین میزان کاهش لگاریتمی در جمعیت انتروباکترآئروژنز هنگامی که پلاسمای 98% He 2% N2 با سرعت عبور شیر ۲۵/۰ ml/min مورد استفاده قرار گرفت، به میزان ۸/۱ سیکل لگاریتمی گزارش شد.

○ بیشترین میزان کاهش لگاریتمی در جمعیت باسیلوس سرئوس هنگامی که پلاسمای ۹۸% He 2% N2 با سرعت عبور شیر ۲۵/۰ ml/min مورد استفاده قرار گرفت، به میزان ۵۶/۱ سیکل لگاریتمی گزارش شد.

اثرات پلاسما سرد بر فعالیت آنزیم در یک سیستم غذایی:

(PPO) پلی فنل اکسیداز و پراکسیداز (POD) آنزیمهایی هستند که به منظور جلوگیری از واکنش های قهوه ای نامطلوب و از دست دادن کیفیت ظاهری میوه ها و سبزیجات نیاز است غیرفعال شوند.

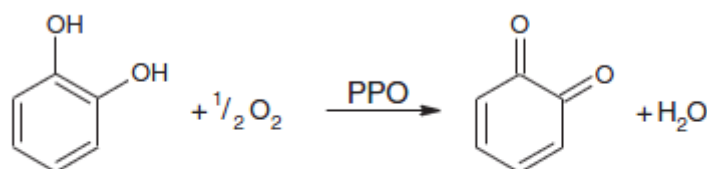


Fig. 1. Conversion of o-diphenol to o-diquinone, catalysed by polyphenoloxidase (PPO).

به عنوان یک روش "ملايم" و عامل جلوگیری کننده از قهوه ای شدن جایگزین خوبی برای روش های سنتی مانند پاستوریزاسیون میباشد.

در عملیات مانند لایه برداری، پوست گیری و یا برش در گیاهان یعنی جایی که غشاء از هم جدا میشود PPO و POD باعث قهوه ای شدن آن میشوند.

پس از برداشت محصول به منظور جلوگیری کردن از قهوه ای شدن از ترکیبات ضد قهوه ای کننده ، مانند عوامل احیا کننده، ماده چنگالی کننده و نمکهای معدنی استفاده میکنند. از عوامل احیا کننده میتوان به اسید اسکوربیک و سدیم بی سولفات اشاره کرد.

مطالعه نشان می دهد که پلاسما سرد قادر به کاهش فعالیت هر دو آنزیم PPO و POD در یک سیستم غذایی است فعالیت PPO در حدود 90٪ بعد از یک مدت 180 ثانیه کاهش یافته ولی POD با ثبات تر بود و در حدود 85٪ پس از 240 ثانیه کاهش می یابد اندازه گیری رنگتایی دورانی و فلورسانس تریپتوفان نشان می دهد که دلیل کاهش فعالیت آنها ناشی از اصلاح ساختار دوم می باشد. کاهش در محتوای مارپیچ الفا و افزایش محتوای ورقه ای بتا .

دو عامل مانند زمان تیمار شدن و ترکیب گاز پلاسما تأثیر قابل توجهی بر روی غیر فعال کردن آنزیم ها دارند.

آنزیم (PPO)، همچنین به عنوان تیروزیناز شناخته می شود، و پراکسیداز (POD)، به طور ویژه در میوه های تازه و سبزیجات یافت میشود . هر دو نقش مهمی در قهوه ای شدن و نقش مهمی در تلفات کیفیت در طول حمل و نقل پس از برداشت و پردازش ایفا میکنند.

ساختار کنفورماسیونی آنزیم نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر این ساختار اولیه توالی اسید آمینه را مشخص میکند، و ساختار سوم شکل فضایی از ساختار دوم است، ساختار دوم خود قسمت ضروری آنزیم است. امروزه، تأثیر تکنیک های مختلف حرارتی و غیر حرارتی در فعالیت PPO و POD مواد غذایی مورد مطالعه قرار گرفته است. همه آنها با تغییرات ساختاری همراه هستند.

اسیدهای آمینه معطر تیروزین، تریپتوفان و فنیل آلانین را می توان در PPO و همچنین در POD مشاهده کرد تغییرات در فلورسانس تریپتوفان می تواند به عنوان یک شاخص از واکنش های اکسیداسیون استفاده شود.

به دلیل غیر حرارتی بودن فرآیند پلاسما، و توانایی خود را برای غیر فعال کردن آنزیم ها و میکروارگانیسم ها، می تواند یک جایگزین خوب برای روش های سنتی باشد.

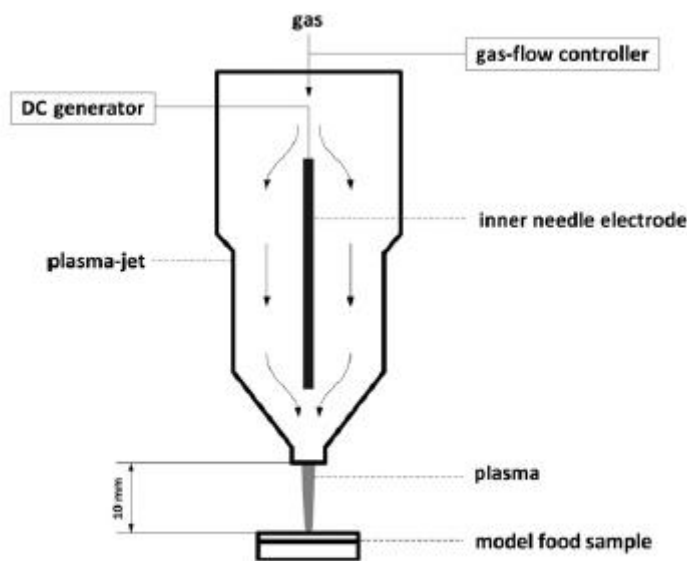


Fig. 2. Experimental set-up of the cold atmospheric pressure plasma device and model food sample.

تأثیر پلاسماز راه دور بر روی بار میکروبی طبیعی گیاهان منتخب و ادویه جات:

گیاهان و ادویه جات در سراسر جهان معامله میشوند، به موجب آن اتحادیه اروپا دومین بازار بزرگ در جهان میباشد. آنها اغلب محصولات را که به طور طبیعی آلوده میشوند را خشک میکنند. بار میکروبی اولیه در بررسی بهداشتی در کشور مبدا، در طول فرآیند برداشت و خشک کردن بستگی دارد. برخی از میکروارگانیسم هایی که بر روی سطح گیاهان و ادویه جات قرار میگیرند ممکن است پاتوژن انسانی باشد، مانند سالمونلا و باسیلوس.

Buckenhüskes و Rendlen گزارش دادند که بیماری های سبزیجات و ادویه جات در دهه آخر قرن بیستم افزایش یافته است، که آن هم مربوط به به بررسی بهداشتی در کشور مبدا خود می باشد.

اگر رطوبت کم باشد رشد و تکثیر میکروارگانیسم ها مهار میشوند، اما در مورد گیاهان و ادویه جاتی که در مواد غذایی غنی از آب گنجانیده شده اند میکروارگانیسم ها می توانند شروع به تکثیر کنند. استفاده از گیاهان و ادویه جات فاسد موجب کاهش ماندگاری محصولات غذایی و یا حتی می تواند باعث انتقال بیماری های مواد غذایی شوند.

باید توجه ویژه به محصولات غذایی داده شود که تحت تاثیر عملیات حرارتی زیاد مثل پاستوریزاسیون و استریلیزاسیون قرار نگیرند مانند غذاهای آماده.

آلودگی زدایی از محصولات خشک، مانند گیاهان و ادویه جات دشوار است، چون مقاومت میکروارگانیسم ها، به ویژه آنهایی که هاگ دار هستند، در یک محیط با AW کم بیشتر است در مقایسه با زمانی که در محصول غنی از آب باشند.

فن آوری ضد عفونی کردن برای گیاهان و ادویه جات، مانند استفاده از اشعه گاما، اکسید اتیلن و یا استفاده از بخار، دارای معایبی میباشد. تابش با اشعه گاما برای آلودگی زدایی یک فرایند کاملاً کارآمد است، اما پذیرش مصرف کنندگان آن در اتحادیه اروپا کم است.

اکسید اتیلن در اتحادیه اروپا با توجه به سرطان زا بی برای انسان ممنوع میباشد. استفاده از بخار به عنوان فرایند غیرفعال سازی حرارتی در اروپا استفاده می شود. با این حال، گیاهان و ادویه جات محصولاتی حساس به گرما هستند، بنابراین استفاده از بخار می تواند باعث تغییر در عطر و بو، و همچنین کاهش ترکیبات فرار شود، به ویژه هنگامی که آن را به گیاهان و ادویه جات پایه اعمال میکنند. با توجه به معایب و مشکلاتی که در بالا ذکر شد، لازم است که فرایندهای ضد عفونی کننده جایگزین جدیدی توسعه یابد.

فن آوری های جدید، مانند استفاده از فشار هیدرواستاتیک بالا و یا استفاده از میدانهای الکتریکی پالسی، به خوبی برای ضد عفونی کردن شناخته شده و در حال حاضر در صنایع غذایی استفاده میشوند. با این حال، برای محصولات خشک قابل اجرا نیستند. استفاده از پلاسما سرد می تواند یک فن آوری جایگزین برای ضد عفونی کردن گیاهان و ادویه جات باشد. پلاسما سرد یک تکنولوژی غیر حرارتی است که در آن دمای سطح نمونه کمتر از دمای فرایند نگهداری میشود. و تحت شرایط غیر حرارتی قادر به غیر فعال کردن باکتری های رویشی، باکتری های آندوسپور دار، کپک و مخمر، به ترتیب میباشد.

این یک گاز تا حدی یونیزه است و به عنوان حالت چهارم ماده شناخته شده. پلاسما سرد را می توان تحت خلاء و همچنین در شرایط جوی با استفاده از فرکانس رادیویی و منبع رادیویی تولید کرد. گونه های مختلف واکنش دهنده در داخل پلاسما، مانند رادیکال های آزاد، ذرات باردار، فوتون UV و گرما، از دلایل اثر ضد میکروبی پلاسما میباشد. ترکیباتی که پلاسما را تولید میکنند به منبع مورد استفاده برای پلاسما، گاز به کار گرفته شده و نوع برنامه های کاربردی بستگی دارد.

علاوه بر این مشخص شده است که شرایط سطح و همچنین بار میکروبی محصول بر روی خاصیت ضد میکروبی پلاسما تاثیر میگذارد. به عنوان مثال در گوجه فرنگی غیر فعال کردن میکروارگانیسم ها آسان تر از هویج و یا کاهو میباشد.

در این مطالعه کارایی ضد عفونی کردن پلاسما از راه دور برای انواع مختلف گیاهان و ادویه جات بررسی شده است. برای تولید گاز واکنش، که هوای فرآوری شده پلاسما نامیده میشود (PPA)، از یک مجموعه ی مایکروویو رانده شده ی پلاسما استفاده میکنند. نسبت های مختلف سطح به حجم محصول تیمار شده در PPA و راندمان ضد عفونی کردن آن در کاربرد پلاسما مهم میباشد. بنابراین سه نوع مختلف از گیاهان و ادویه جات انتخاب کردند، پودر فلفل قرمز، پونه کوهی خرد شده و کل دانه فلفل سیاه. هر سه محصولات متعلق به گیاهان و ادویه جات رایج مصرفی در اتحادیه اروپا میباشد.

نتیجه گیری حاصل از تأثیر پلاسما بر ادویه جات:

سیستم پلاسما از راه دور قادر به غیر فعال کردن اسپور باکتریایی ، باکتری های رویشی، کپک و مخمر در انواع مختلف گیاهان و ادویه جات با نسبت سطح با حجم مختلف میباشد. اختلاط کامل در طول قرار گرفتن در معرض PPA منجر به آلودگی زدایی موثر کل دانه فلفل سیاه و همچنین محصولات پودری مانند فلفل قرمز میباشد.

در پونه کوهی خرد شده، که بار میکروبی پایینی دارند به سطح پایین تری از ضد عفونی کردن نیاز است. بعلاوه درمان پلاسما از راه دور تأثیر کمی بر روی رنگ محصولات دانه فلفل سیاه و پونه کوهی خرد شده دارد. با این حال در مورد پودر فلفل قرمز حتی یک درمان 5 دقیقه PPA باعث از دست دادن قابل توجهی از قرمزی آن میشود که مربوط به تخریب کارتینوئیدها میباشد.

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که کاربرد PPA برای ضد عفونی غیر حرارتی محصولات خشک و حساس به حرارت میباشد. با این حال به منظور بهبود بیشتر و درک استفاده از این تکنولوژی غیر حرارتی، به ویژه با توجه به فعل و انفعالاتی که در محصولات اتفاق می افتد، مانند تغییر رنگ در پودر فلفل قرمز تحقیقات بیشتری مورد نیاز است.

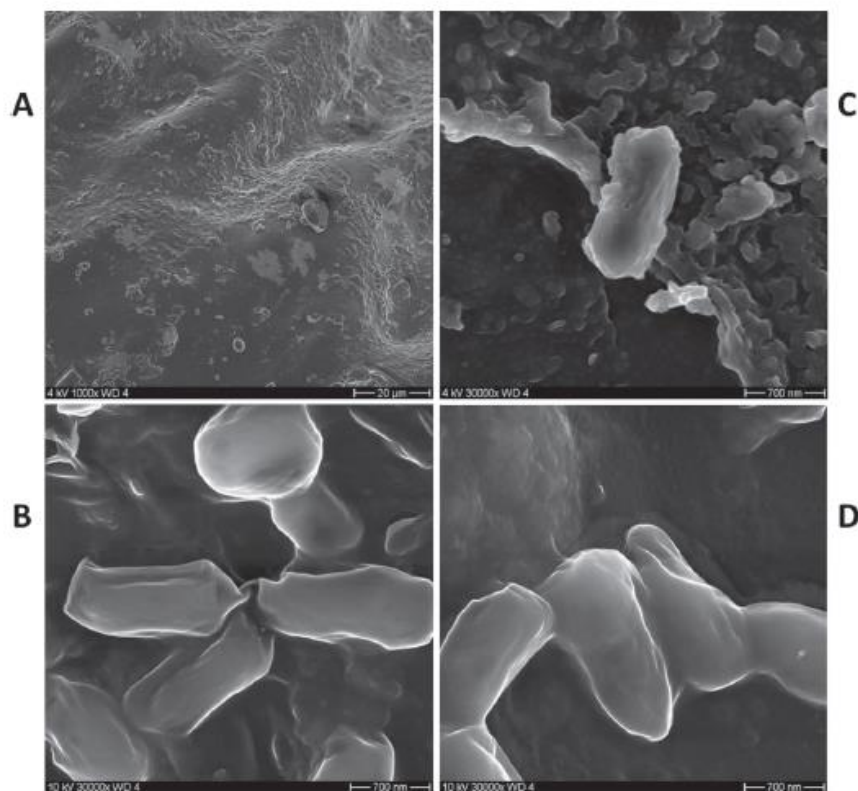


Fig. 4. SEM pictures of inoculated *Bacillus atrophaeus* spores on the surface of black peppercorns, (A and B) untreated, (C) 15 min direct plasma treatment and (D) 30 min remote plasma treatment.

کاربرد پلاسمای سرد در بسته بندی مواد غذایی :

این واقعیت وجود دارد که ویژگی های فیزیکی و شیمیایی از پلیمرها در عملکرد ، همتراز با مواد معمولی در نظر گرفته می شود . علاوه بر این مواد بسته بندی پلیمری دارای انعطاف پذیری بیشتر ، شفافیت ، مواد شیمیایی مناسب ، سختی و دارای وزن مخصوص کم و به طور معمول هزینه کمتر می باشد . با اینحال ، در بسیاری از موارد سطوح پلیمری آبریز هستند در طبیعت و اغلب توسط انرژی سطح پایین مشخص است. بهتر کردن بسته بندی می تواند به اهداف مختلف کمک کند که شامل عملکرد سطوح ، تمیز کردن سطوح و یا رسوب سطوح می باشد.

عملگرها بودن سطح از پلیمرها معمولاً برای بهبود توانایی بهتر تمیز شدن ، چاپ ، رنگ و مقاومت در برابر لعاب ، چسبندگی به سایر پلیمرها یا مواد ، بدون به خطر انداختن خواص فله ای موردنظر از پلیمر می باشد. علاوه بر این برای افزایش ممانعت کنندگی در بسته بندی و بهبود خواص ضد میکروبی مهم است . برای چند دهه ی گذشته روند جایگزینی برای مواد سنتی مثل شیشه ، فلزات و کاغذ توسط مواد پلیمری در همه ی فرآیندهای مختلف صنایع غذایی در حال رشد بوده است .

در حال حاضر رابطه پلیمر با پلاسما در تغییر خواص سطحی است .

انتقال انرژی سطح به پلیمرهای بسته بندی برای ترویج چسبندگی و گاهی اوقات ضد چسبندگی و بهبود چاپ ، بهبود مقاومت پلیمر و شکست مکانیکی می شود . با استفاده از رسوب پلاسما به عنوان مانع لایه که خواص ممانعت کنندگی در مواد بسته بندی به سمت گازهای (اکسیژن و کربن اکسید) و حلال های شیمیایی می تواند بهبود یابد .

واکنش های گازی پلاسما مانع از فعالیت میکروارگانیسم ها از جمله (سلول های باکتریایی ، اسپورها ، مخمرها و ...) می شود .

مواد بسته بندی مانند بطری های پلاستیکی ، درب و فیلم را می توان به سرعت سترون کرد با پلاسمای سرد بدون اینکه تاثیری بر خواص توده داشته باشد . اصطلاح پلاسما اشاره به یک گاز خنثی یونیزه دارد که در درجه اول از فوتون ها ، یون ها و الکترون های آزاد تشکیل شده است که دارای بار خالص خنثی است . تخلیه پلاسما به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد و برای بسیاری از برنامه ی کاربردی ضروری است .

برنامه ها :

سطح مواد غذایی بسته بندی استریل شده اکثرا دستورالعمل های نظارتی خاص نیازهای میکروبیولوژی برای مواد غذایی بسته بندی شده دارد و در بسیاری از موارد فرآیند بسته بندی کردن یک نقطه بحرانی مهم در سیستم آنالیز کنترل بحران محسوب می شود .

اگر مواد غذایی بسته بندی شده به طور درستی سترون نشود ممکن است باعث آلودگی بیشتر مواد غذایی شود و در نتیجه منجر به خطرات بهداشتی و اقتصادی می شود .

روش استریلیزاسیون همانند حرارت خشک ، بخار ، نور یو وی و مواد شیمیایی مانند اکسید اتیلن و پراکسید هیدروژن به طور سنتی برای ابزار پزشکی استفاده می شود و همچنین در بسته بندی مواد غذایی ، اما محدودیت های خاصی برای برای جستجوی روش های جدید وجود دارد .

روش استریلیزاسیون پلاسمای سرد روشی است بدون مواد شیمیایی ، سریع و ایمن ، قابل اجرا برای طیف گسترده ای از بسته بندی مواد و پسمانده ای را در آن بر جای نمی گذارد .

اگرچه که برای تولید انبوه در بسته بندی مواد غذایی توسط زمان محدود شده است که البته با بیشترکردن زمان استریل کردن در مواد غذایی به صرفه نیست .

کاربرد پلاسمای سرد برای از بین بردن باکتری اشریشیا کلی در محصولات fresh cut

شیوع بیماری های قابل انتقال از غذا در آمریکا معمولاً همراه با محصولات تازه است ، در حال حاضر پاتوژن ها به روش ضد عفونی تبدیل به گونه های مقاوم تر شده اند ، و در نتیجه مصرف کنندگان به دنبال مواد غذایی هستند که عاری از مواد شیمیایی است . به نظر می رسد که فشار اتمسفر سرد پلاسما به عنوان یک روش جایگزین برای غیرفعال کردن میکروب هاست به طوری که در محصول تغییری ایجاد نمی کند .

هدف از این کار استفاده از روش پلاسمای سرد در غیر فعال میکروب های بیماری زا مانند اشرشیا کلای در کاهو ، هویج و گوجه فرنگی است . سبزیجات در پلاسمای سرد ۳/۹۵ کیلو ولت تا ۱۲/۸۳ کیلو ولت به مدت ۱۰ تا ۳۰ دقیقه قرار می گیرند که از آرگون تشکیل شده است . بعد از این عمل ، کیفیت میکروبی و پارامترهای رنگ بررسی می شود که برای بررسی اثر پلاسمای سرد بر روی ساختار سلولی از میکروسکوپ الکترونی استفاده می شود . نتایج کاهش تعداد باکتری سطح را نشان داد . ولتاژ بالا و زمان طولانی برای غیرفعالسازی میکروبها در این آزمایش بسیار موثر است .

✓ این آزمایش برای کاهو آسانتر از گوجه فرنگی و سپس هویج بود به دلیل ساختار آنها .

پارامتر رنگ تغییرات قابل توجهی را نشان نمی داد . اگرچه ساختار سلولی درجه بالایی از الکتروپوریشن ، از دست دادن و اختلال در غشا و تغییر شکل را پس از آزمایش نشان داد . پلاسمای سرد نتایج محدودی برای گندزدایی از محصول را در آزمایشات نشان داده است .

پلاسمای سرد یک تکنولوژی بالقوه برای گندزدایی از میوه ها و سبزیجات بدون ایجاد تغییرات مهم فیزیکی است و باید تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد مثل بررسی استفاده از دیگر گازها در سطوح بیشتر . چندین بیماری ناشی از غذاها در چند سال گذشته گزارش شده که مربوط به حضور میکروارگانیسمهای بیماری زا در محصولات تازه بوده است . اشرشیاکولی یکی از این میکروارگانیسم هاست که اغلب در محصولات تازه آلوده یافت شده است .

مصرف میوه و سبزیجات تازه در چندسال گذشته به دلیل سلامتی بخشی افزایش یافته است . اگرچه برخی از روش های تصفیه برای محصولات تازه شامل استفاده از مواد شیمیایی مانند کلر است که ممکن است اثراتی را در محصول باقی بگذارد و ممکن است برای غیرفعالسازی میکروارگانیسم ها موثر نباشد . تعدادی از تکنولوژی های غیر حرارتی مواد غذایی برای بهتر کردن کیفیت روی مواد غذایی آزمایش شده است . برخی از این فناوری ها مثل ماورابنفش ، ازن ، اولتراسوند و پلاسمای سرد هستند که به عنوان فناوری ضد عفونی تست شده اند . پلاسمای سرد تا حدی یکی از جدیدترین فن آوری ها در علم غذا است . در دهه ی گذشته علاقه زیادی به این فناوری برای غیرفعال کردن میکروارگانیسم نشان داده شده است .

هنگامی که یک غذا با تخلیه الکتریکی در ارتباط است یک جریان متشکل از تب و تاب بسیاری است و گونه های شیمیایی مانند ذرات باردار ، رادیکال آزاد و برخی از تابش ها وجود دارد . دمای پلاسمای سرد بین ۳۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد است و این دما ترجیحاً برای مواد غذایی صنعتی است چون مورد نیاز است . پلاسمای سرد در بسیاری از میکروارگانیسم ها تست شده است و در سطوحی دارای نتیجه ی موفقیت آمیزی بوده است . در درجه غیرفعالسازی میکروارگانیسم ها به دلیل پلاسمایی است که میتواند موثر باشد . و برخی از UV در تخلیه گرما ، شارژ ذرات ، میدانهای الکتریکی و فوتون های گونه های واکنشی مانند اتم های اکسیژن ، اوزون و رادیکال های هیدروکسیل به طور معمول در تخلیه گاز موثرند . به ویژه در زمانی که آرگون به عنوان گاز اصلی استفاده می شود .

OH ارتباط با هوا برخی از گونه ها آزاد می شوند مانند اتم های اکسیژن و رادیکال های ، یون های نیتروژن و اتم های آرگون . NO اتم نیتروژن ، رادیکال های با اینحال برخی از گونه ها ممکن است غیرفعالسازی میکروارگانیسم را تحت تاثیر قرار دهند مثل تعدادی از سلول ها ، مخلوط های گازی ، جریان گاز و شرایط فیزیولوژی . علاوه بر این اطلاعات اندکی در مورد شرایط فیزیکوشیمیایی وجود دارد که ممکن است تغییراتی را در محصول بوجود آورد . پلاسمای سرد کاهش تعداد محدودی از اشرشیاکلی را در ارزیابی محصول تازه ای که مورد آزمایش بود را نشان داد . اگرچه حداقل تغییرات در رنگ محصول تولید شده را ایجاد کرد .

به نظر می رسد غیر فعال شدن باکتری اشرشیاکلی امکان پذیر باشد در زمانی که در استفاده از پلاسمای سرد در مخلوط گاز از اکسیژن استفاده شود . غیرفعال سازی می تواند با ترکیب مناسب افزایش مخلوط گاز آرگون با اکسیژن همراه با ولتاژ به خوبی صورت گیرد . فاکتورهای مهمی مثل سطح محصول ، بارهای میکروبی اولیه و زمان اجرا وجود دارد .

✓ در کاهوی تحت آزمایش با پلاسمای سرد هیچ تغییری در آن اتفاق نیفتاد .

در حالیکه ساختار باکتری اشرشیا کلی در ۱۲/۸۳ کیلو ولت در زمان ۱۰ دقیقه یک سطح کاملاً آسیب دیده را نشان داد . درجه بالایی از الکتروپوریشن ، تلفیق بین سلول ها ، اختلال در غشا سلول و تغییر شکل سلول برخی از اختلالات فیزیکی مشاهده شده است . این روش نه تنها در غیرفعال کردن میکروب ها بلکه به طور عمده روی جنبه های شیمیایی و حسی مواد غذایی پس از انجام مطالعات انجام شده است .

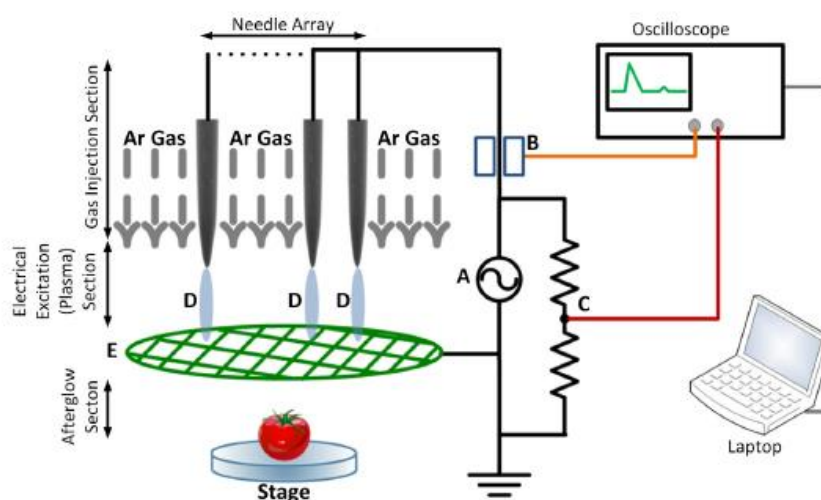


Fig. 1. Schematic diagram of the APCP reactor. Labeled features are: A) AC 60 Hz high voltage excitation unit; B) Streamer current sensor; C) Voltage divider; D) Luminous streamer tubes; E) Grounded screen.

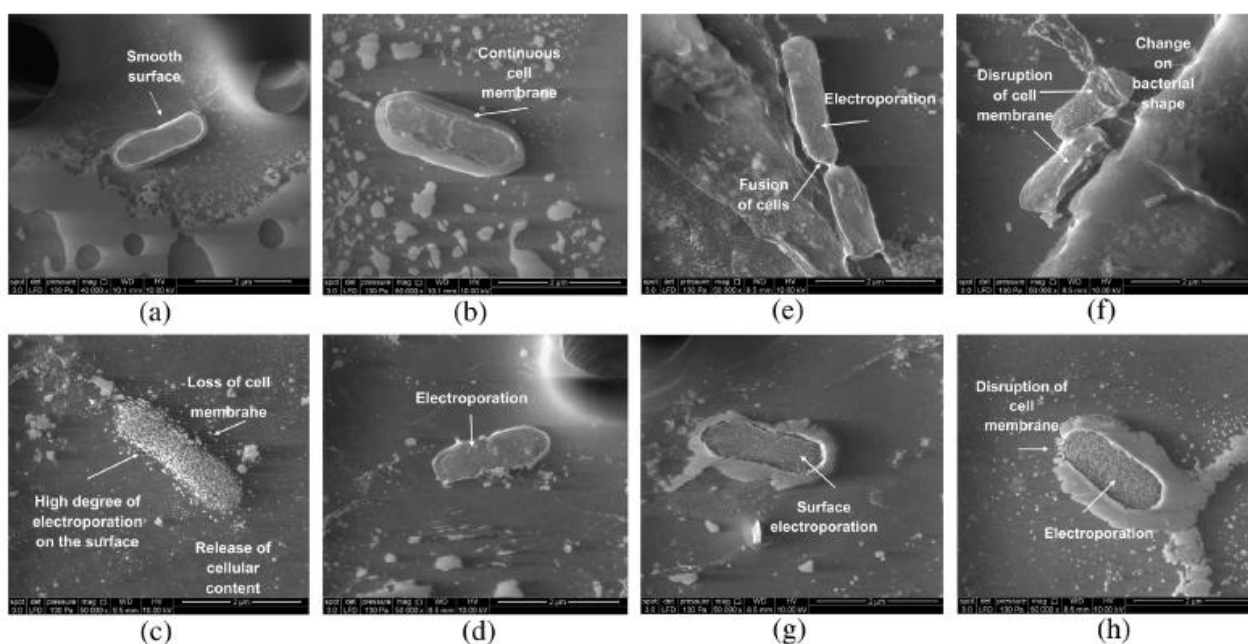


Fig. 6. Changes in the structure of *E. coli* after APCP processing (10 min, 12.83 kV); (a, b) control cells at 40 K and 50 K times; (c) treated cell showing loss of cytoplasmic membrane, a very high degree of electroporation, and release of cellular components; (d) treated cell showing electroporation on surface; (e) treated cells with minor degree of electroporation, but showing fusion between them; (f) treated cells showing changes in cell shape, disruption of cytoplasmic membrane, release of cell contents and electroporation on the surface; (g) treated cell with electroporation on the surface; (h) treated cell with electroporation on the surface, disruption of cytoplasmic membrane and release of cell contents.

نتیجه گیری:

این روش هیچگونه تاثیری بر خواص فیزیکی، شیمیایی، ارزش تغذیه ای و عطر و طعم محصول نمی گذارد. با توجه به عملکرد این سیستم در فشار اتمسفری، نیازی به دستگاه های اضافی و صرف هزینه بیشتر جهت تغییر فشار محیط وجود ندارد. انرژی و توان مصرفی دستگاه ساخته شده بسیار کم بوده و در مقابل توانائی آن در از بین بردن میکروارگانیسم ها، ناچیز بوده و از این رو قابلیت صنعتی شدن دارد.

عدم استفاده از هیچ نوع مواد شیمیایی و آسیب رسان به مواد غذایی و سلامت مصرف کنندگان

ایمن بودن برای اپراتور و آسان بودن استفاده از دستگاه

عدم استفاده از هیچ نوع پرتو دهی که ارزش غذایی آن را تحت تاثیر قرار دهد.

عدم نیاز به مواد اولیه مصرفی و مقرون به صرفه بودن