

بررسی اثر پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک تک قطبی در میکروب زدائی و کیفیت پودر سیر

اشرف السادات حسینی¹، مریم مصلحی شاد¹، سهیلا عبدی^{2*}

- 1- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد صفادشت، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- 2- استادیار، هیات علمی دانشگاه آزاد واحد صفادشت گروه فیزیک، واحد صفادشت، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: 96/03/16

تاریخ دریافت: 95/12/24

چکیده

در این تحقیق اثرات آلودگی زدایی پلاسمای تخلیه سد الکتریکی (DBD) تک قطبی بر روی پودر سیر مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور ابتدا اثر پلاسمای DBD تک قطبی بر روی اشرشیاکلی و آسپرژیلوس فلاووس به عنوان باکتری های موجود در پودر سیر مورد مطالعه قرار گرفت و زمان بهینه تابش توسط پلاسمای برای از بین بردن میکروارگانیسم ها به دست آمد و سپس پودر سیر تحت تابش پلاسمای قرار گرفت. دستگاه مورد استفاده برای تولید پلاسمای DBD تک قطبی از یک الکتروود به قطر 5 سانتی متر و یک منبع تغذیه رادیوفرکانسی تشکیل شده بود. به منظور بررسی تخریب باکتری ها غلظت های DNA و پروتئین اندازه گیری شدند. رنگ سنجی با استفاده از نرم افزار فتوشاپ و تصاویر دیجیتال و ارزیابی حسی به روش 5 نقطه هدونیک انجام شد. نتایج نشان دادند میکروارگانیسم ها پس از 20 دقیقه (زمان بهینه) کاملاً از بین رفتند. غلظت های DNA و پروتئین در نمونه های تحت تابش پلاسمای نسبت به کنترل افزایش یافت. تغییر رنگ کلی پودر سیر قبل و بعد از تابش پلاسمای تفاوت معنی داری نداشت. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که پلاسمای اثری بر رنگ، بو، مزه و پذیرش کلی پودر سیر ندارد. بنابراین استفاده از پلاسمای DBD روش خوبی برای آلودگی زدائی از پودر سیر بوده و می تواند جایگزین مناسبی برای روشهای سنتی آلودگی زدائی باشد که موجب تغییرات ناخواسته در طعم و کیفیت ادویه جات می گردند.

واژه های کلیدی: پودر سیر، پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک تک قطبی، میکروب زدایی، آسپرژیلوس فلاووس، اشرشیاکلی

1- مقدمه

سیر (*Allium sativum*) یکی از پر اهمیت ترین مواد غذایی کشت شده است. سیر به عنوان یک غذای پر انرژی طبقه بندی می شود. اجزای شیمیایی اصلی سیر شامل اسید سولفوریک، کربوهیدرات ها، فسفریک، نمک های معدنی، پروتئین ها و آلکسین می باشد (21). سیر به دلیل عطر و طعمی که به غذا می دهد همچنین بعلت خواص دارویی و درمانی اش به طور گسترده ای استفاده می شود (15). از خواص سودمند آن میتوان به خاصیت ضد میکروبی، آنتی اکسیدان، و ضد فشار خون اشاره کرد (12). در صنعت غذا به جای سیر تازه از سیر خشک یا سیر lyophilized استفاده می شود. کیفیت و ایمنی محصول نهایی تا حد زیادی به وضعیت میکروبیولوژیکی آنها بستگی دارد. سیر ممکن است با باکتری هایی مانند *اشرشیاکلی*، *کپک* و *کلی فرم* آلوده شود (1). کیفیت ضد عفونی ضعیف سیر می تواند منجر به فساد سریع مواد غذایی شود. به دلیل اهمیت سیر، استفاده از یک روش بهینه سازی برای ضد عفونی مورد نیاز است. یکی از روشهای جدید استریلیزاسیون مواد غذایی، استفاده از پلاسمای سرد در فشار اتمسفر است. تکنیک استریلیزاسیون توسط پلاسمای غیر حرارتی یک روش موثر برای از بین بردن میکروارگانیسم ها در مواد حساس به حرارت است. پلاسمای سرد حاوی گونه های بسیار پر انرژی مانند رادیکال های آزاد، اشعه UV، الکترون، یونهای مثبت و منفی، اتم ها و مولکول های برانگیخته می باشد، که قادر به غیر فعال کردن میکروارگانیسم ها هستند (5 و 27). واکنش گونه های فعال با ماکرومولکولهایی مانند لیپیدهای غشایی، پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک باعث کشتن میکروارگانیسم ها میشود. الکترون، یون ها، و رادیکال های آزاد منجر به تخریب سطح و ضایعات موضعی در غشای سلولی می شوند و این امر منجر به مهار میکروارگانیسم ها می شود (7). تابش UV در پلاسمای منجر به تغییر DNA و در نتیجه تکثیر سلولی نامناسب میگردد (25). یکی از منابع پلاسمای غیر حرارتی در فشار

اتمسفر پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک¹ (DBD) است. پلاسمای فشار اتمسفری در ضد عفونی کردن ادویه جات، سبزی جات و دانه ها مورد استفاده قرار می گیرد (25). مطالعات متعددی در زمینه تاثیر پلاسمای اتمسفری جهت آلودگی زدایی ادویه های مختلف صورت گرفته است. رسو همکارانش نشان دادند استفاده از پلاسمای اتمسفری در دمای اتاق می تواند جمعیت باکتری های *اشرشیا کلی* و *استافیلوکوکوس اورئوس* را کاهش دهد (23). هر توئیگو همکارانش سه نوع از گیاهان و ادویه جات (دانه فلفل، پونه کوهی خرد شده و پودر فلفل قرمز) به منظور غیر فعال سازی فلور میکروبی طبیعی برای مدت 90 دقیقه تحت تیمار قرار دادند. فلور میکروبی طبیعی دانه فلفل و پودر فلفل قرمز بیش از 3 سیکل لگاریتمی پس از 60 دقیقه تیمار کاهش می یابد. پایین ترین سطح استریل در مورد پونه کوهی به میزان 1/6 سیکل لگاریتمی بود که مربوط به بار میکروبی اولیه بسیار پایین تر آن می باشد (9). در این مطالعه اثرات غیر فعال کردن میکروبهای موجود در پودر سیر توسط پلاسمای DBD مورد بررسی قرار گرفت. به منظور پیدا کردن زمان بهینه، *اشرشیاکلی* و *آسپرژیلوس فلاووس* به عنوان باکتری و کپک موجود در پودر سیر در سه زمان 10، 20 و 30 دقیقه تحت تابش پلاسمای قرار گرفتند. سپس پودر سیر تحت تابش پلاسمای قرار گرفت.

2- مواد و روشها

2-1- آماده سازی میکروبی

نمونه های لیوفیلیزه باکتری *اشرشیاکلی* (*Escherichia coli* (PTC 1399) و قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* (*Aspergillus flavus* PTCC 5004). جهت انجام آزمایش از پژوهشکده زیست فناوری در سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران تهیه گردید. سویه های میکروبی در محیط کشت استریل و در زمان و درجه حرارت مناسب انکوبه شدند. توده میکروبی در 4000 دور در دقیقه به مدت 15 دقیقه سانتریفوژ شد. سلول

¹Dielectric Barrier Discharge

2-4- اندازه گیری پروتئین و DNA

به منظور ارزیابی تخریب باکتری ها، غلظت های پروتئین و DNA در رشته در محلول رویی مخلوط پودر سیر در نرمال سالین با استفاده از روش اسپکتروفتومتری PG instruments (LTD) اندازه گیری شدند. DNA پیک پیک جذب در 260 نانومتر دارد در حالی که پیک پروتئین در 280 نانومتر می باشد. به عنوان تصحیح پس زمینه طول موج 320 نانومتر به دستگاه داده شد. غلظت های پروتئین و DNA به وسیله فاکتور واربرگ- کریستین که قبلا بر روی دستگاه اسپکتروفتومتر و بر اساس طول موج های 260 و 280 نانومتر تنظیم شده بود محاسبه گردیدند. به منظور تعیین غلظت های پروتئین و DNA قبل و بعد از تابش با پلاسما، 1 گرم پودر سیر به مدت 1 دقیقه در مقدار 9 میلی لیتر محلول نرمال سالین استریل در داخل یک لوله آزمایش استریل به شدت تکان داده شد و سپس محلول رویی توسط اسپکتروفتومتر آنالیز گردید (17).

2-5- رنگ سنجی

رنگ سنجی نمونه ها توسط نرم افزار فتوشاپ بر روی تصاویر تهیه شده با دوربین دیجیتال (Canon power Shot A540) (Japan) انجام شد. ارزیابی رنگ هر نمونه پنج بار انجام شد. سه پارامتر رنگ شامل روشنایی (L^*)، قرمزی (a^*) و زردی (b^*) به منظور بررسی تغییرات رنگ نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت. L^* محدوده رنگی مشکی تا سفید (100 - 0)، a^* محدوده رنگی از سبز (مقدار منفی) تا قرمز (مقدار مثبت) و b^* محدوده رنگی از زرد (مقدار مثبت) تا آبی (مقدار منفی) است. به منظور تجزیه و تحلیل پارامترهای L^* ، a^* و b^* ارزیابی و مقایسه رنگ نمونه ها در نرم افزار فتوشاپ، تصاویر دیجیتال در شرایط ثابت و یکنواخت نورو زاویه دوربین (لامپ هالوژن ولتاژ پایین با بازتابنده) گرفته شد و در فرمت گرافیکی بیت مپ (BMP) با پالت 8بیتی (رنگ های 256=28) ذخیره شد. اختلاف رنگ کلی (ΔE)، از رابطه $[\Delta E_{L^*a^*b^*}] = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ محاسبه شد.

های میکربی در معرض پلاسماي DBD تک قطبی قرار گرفتند. شمارش میکربی قبل و بعد از تابش با پلاسما صورت گرفت (زمان های 10، 20 و 30 دقیقه). اشرشیاکلی در محیط کشت Eosin-Methylen-Blue Agar (EMB) در دمای 37 درجه سانتیگراد به مدت 24 ساعت طبق استاندارد ISO 7251 کشت داده شد. آسپرژیلوس فلاووس طبق استاندارد ISO 21252-2 در محیط کشت Dichloran-Glycerol (DG18) در دمای 25 درجه سانتی گراد به مدت 5 تا 7 روز کشت داده شد.

2-2- سیستم تابش دهی

دستگاه مورد استفاده برای تولید پلاسماي سرد در فشار اتمسفری تشکیل شده بود از یک الکتروود به قطر 5 سانتی مترو یک منبع تغذیه رادیوفرکانسی. پلاسما با استفاده از منبع تغذیه RF با فرکانس 13/56 مگا هرتز، ولتاژ متغیر و توان خروجی 0 تا 1000 وات تولید شد.

2-3- روش تابش دهی

یک گرم پودر سیر بر روی یک لایه کاغذ استریل دایره ای شکل ریخته شد و به مدت 20 دقیقه تحت تابش پلاسما قرار گرفت. سپس به منظور بررسی میکروارگانسیم های موجود در آن، پودر سیر با 9 میلی لیتر محلول نرمال سالین مخلوط نموده بدین ترتیب رقت 10^{-1} حاصل شد. رقت سازی تا 10^{-4} ادامه یافت (2). سپس آزمون های میکروبی مربوط به نمونه پودر سیر مطابق استاندارد ملی ایران به شماره 5999 در دو تکرار بروی نمونه صورت گرفت (1).

پودر سیر (حداکثر مجاز در گرم)	فرآورده ویزگی
10^2	کلی فرم ها
منفی	اشرشیاکلی
5×10^3	کپک

جدول 1- ویزگی های میکروبیولوژی پودر سیر

آنالیز آماری داده ها به وسیله نرم افزار آماری SPSS نسخه 16 (SPSS, Chicago, IL, USA) انجام شد. داده ها به صورت میانگین \pm انحراف از معیار بیان شدند. $p < 0/05$ از نظر آماری معنی دار در نظر گرفته شد. برای مقایسه میانگین داده های نمونه های کنترل و گروه تحت تابش از تست One Way Anova استفاده شد.

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج اثر پلاسما بر سویه های میکروبی

برای به دست آوردن زمان تابش بهینه ابتدا E.coli و A.flavus به عنوان باکتری و کپک موجود در پودر سیر تحت تابش پلاسما قرار گرفتند. جدول 2 و 3 لگاریتم کاهش میکروبی اشرشیاکلی و آسپرژیلوسفلاووس را تحت تابش پلاسما در زمان های 10 و 20 دقیقه نشان می دهد.

جدول 2- کاهش سیکل لگاریتمی جمعیت میکروبی ($SE \pm$ میانگین) بر روی سویه های میکروبی

تحت تابش پلاسما به مدت 10 دقیقه

میکروارگانیزم	کاهش سیکل لگاریتمی میکروبی پس از فرآوری با پلاسما (10 دقیقه)
اشرشیا کلی	$0/84 \pm 0/09^a$
آسپرژیلوسفلاووس	$0/235 \pm 0/09^c$

حروف کوچک لاتین مقایسه ستونی هر مشخصه را نشان می دهد. ($p < 0/05$)

نتایج نشان می دهند که دانسیته میکروارگانیزم های زنده پس از 10 دقیقه تابش دهی با پلاسما به طور معنی داری ($p < 0/05$) کاهش یافته اند.

جدول 3- کاهش سیکل لگاریتمی جمعیت میکروبی ($SE \pm$ میانگین) بر روی سویه های میکروبی

قبل و بعد از تابش پلاسما به مدت 20 دقیقه

میکروارگانیزم	قبل از تابش پلاسما	تابش با پلاسما در زمان 20 دقیقه
اشرشیا کلی	$7/25 \pm 0/11^b$	$0/00 \pm 0/00^a$
آسپرژیلوسفلاووس	$1/93 \pm 0/05^c$	$0/00 \pm 0/00^a$

حروف کوچک لاتین مقایسه ستونی هر مشخصه را نشان می دهد. ($p < 0/05$)

نتایج نشان می دهند که میکروارگانیزم ها پس از 20 دقیقه تابش دهی با پلاسما کاملاً از بین رفتند (زمان بهینه).

که در آن $\Delta a = (a - a^*)$ ، $\Delta b = (b - b^*)$ و $\Delta L = (L - L^*)$ و a^* ، b^* و L^* مربوط به نمونه های کنترل می باشد. تغییرات رنگ در مدل رنگ RGB به وسیله تحلیل عکس ها بررسی شد (16).

2-6- ارزیابی حسی

به منظور ارزیابی خصوصیات حسی نمونه های پودر سیر، رنگ، بو، مزه، پذیرش کلی و مطلوبیت نهایی پودر سیر قبل و بعد از تابش دهی با پلاسما توسط 15 نفر داوطلب آموزش دیده بررسی شد. جهت ارزیابی روش 5 نقطه هدونیک (نمره از 1 تا 5 بسیار ضعیف تا بسیار خوب) استفاده شد (19).

2-7- آنالیز آماری

UV و غیره می باشد که قادر هستند ویروس ها و باکتری ها را بدون هیچ اثر دمایی غیر فعال کنند. چندین عامل در فرآیند

پلاسمای سرد یک منبع موثر از فاکتورها و گونه های فعال مانند رادیکال ها، یونها، اتم های برانگیخته و مولکولها، امواج

حساس هستند (14)، حضور رادیکالهای هیدروکسیل می تواند عملکرد چربیهای غشاء که نقش آنها به عنوان یک سد در مقابل انتقال یونها و ترکیبات قطبی به داخل و خارج از سلول می باشد را تغییر دهند (4). تغییرات ظاهری ایجاد شده در اشرشیاکلی که تحت تابش پلاسمای فشار اتمسفری در توان 8 وات به مدت 2 دقیقه قرار گرفته اند به وسیله هانگ و همکارانش در زیر میکروسکوپ الکترونی مطالعه شد. مشاهدات به وضوح حاکی از تغییر ساختارهای سیتوپلاسمی شدید و نشت کروموزوم باکتری بودند (10). به خوبی مشخص شده که الکتروپوراسیون غشایی به وسیله میدانهای الکتریکی پالسی القا می شوند. مطالعات نشان می دهند که پلاسمای به شکلی مشابه عمل کرده و موجب القای پرفوراسیون در غشاهای میکروارگانیزم ها می گردد (18 و 24 و 29).

3-2- نتایج آزمون DNA و پروتئین پودر سیر

به منظور ارزیابی تخریب باکتری ها به وسیله تابش پلاسمای غلظت های پروتئین و DNA در سوسپانسیون پودر سیر اندازه گیری شدند. غلظت های پروتئین و DNA در جذب نوری 260nm و 280nm محاسبه شدند. جدول 4 غلظت های پروتئین و DNA را پس از 10 و 20 دقیقه تابش با پلاسمای در مقایسه با کنترل نشان میدهد.

کشتن میکروب نقش دارند که عبارتند از: نوع باکتری ها ، محیطی که در آن قرار دارند، تعداد لایه های سلول ها ، نوع پلاسمایی که اعمال می شود، سهم UV، گاز مورد استفاده و غیره (8 و 13 و 18). استریلیزاسیون توسط پلاسمای یک فرآیند کاملاً پیچیده است که توسط عوامل گوناگون مانند ذرات باردار ، اتم های برانگیخته، اتم های خنثی و اشعه UV مشخص می شود. سهم این عوامل در انواع سیستم های پلاسمایی و همچنین از نقطه نظر مسیرهای بیولوژیک متفاوت است. ذرات باردار نقش مهمی را در فرآیند استریلیزاسیون بازی می کنند، به خصوص در حالتی که پلاسمای بطور مستقیم با میکروارگانیزم در ارتباط است بعلاوه جریان الکتریکی می تواند از ناحیه استریلیزاسیون عبور کند. غیر فعال سازی میکرو ارگانیزم ها می تواند در اثر تخریب لایه چربی غشاها یا سایر صدمات غشایی حاصل از بمباران پلاسمای بوجود آید. این اثر بخصوص وقتی که میکرو ارگانیزم ها مستقیماً در معرض پلاسمای قرار گیرند مهم است. بعضی از اتمهای خنثی (مثل اتمهای فعال، رادیکالهای OH و O_3) به شدت واکنش پذیرند. غشاهای سلولی از چربیهای دولایه که یکی از مهمترین آنها اسیدهای چرب غیراشباع می باشند، تولید شده اند. اسیدهای چرب غیراشباعی یک خاصیت زله ای به غشاء می دهند که به ترکیبات بیوشیمیایی اجازه عبور از غشاء را می دهند. از آنجایی که اسیدهای چرب غیر اشباعی به حمله های OH

جدول 4- مقدار پروتئین ($\pm SE$ میانگین) بر روی نمونه پودر سیر

نوع تیمار	غلظت DNA (Mg/L)	غلظت پروتئین (Mg/L)
نمونه کنترل	114/92±9/54	231/42±14/3
تابش پلاسمای 10 دقیقه	146/18±9/9	279/4±10/8
تابش پلاسمای 20 دقیقه	193/3±11/7	347/4±13/2

* = (p < 0/05)

افزایش یافته است. به نظر میرسد دیواره باکتری ها تخریب شده و مواد داخل آن به خارج نشت پیدا کرده اند.

همانطور که نتایج نشان می دهند غلظت های پروتئین و DNA در هر دو زمان 10 و 20 دقیقه نسبت به کنترل بطور معنی داری

دیمیرزاسیون بازهای تیمین در رشته DNA باکتریائی اشاره کرد. دیمیرزاسیون بازهای تیمین توانائی باکتری برای همانندسازی مناسب را مهار می کند (22). اردوخلو و همکارانش تاثیر آلودگی زدایی ترکیب امواج UVC و FIR را بر روی دانه های زیره و کیفیت غذایی آن را مورد بررسی قرار دادند (5). اگرچه ترکیب UVC و FIR موجب کاهش تعداد میکربهای دانه های زیره می شود اما دمای مورد استفاده برای آلودگی زدایی به حدود 300°C می رسد. در مطالعه دیگر تاثیر تابش اشعه گاما بر روی آلودگی میکروبی اختصاصات چربیهای زیره سیاه توسط آریسی و همکارانش مورد بررسی قرار گرفت (3). نتایج آنها نشان داد که شمارش میکروبی نمونه ها با افزایش دوز تابش کاهش می یابد. مشاهده شد که شمارش باکتری ها همانند قارچها و کپک ها به مقادیر قابل توجهی کاهش می یابد. سلکوک و همکارانش با استفاده از پلاسما ی سرد در فشار پایین و فشار اتمسفری دانه های گوجه فرنگی، گندم، لوبیا، نخود، سویا، جو، بلوط، عدس و ذرت را که با اسپرژیلوس پارازیتیکوس و پنی سیلیوم آلوده شده بودند را به مقادیر کمتر از یک درصد آلودگی اولیه استریل کردند. در مطالعه آنها زمان تابش از 30 ثانیه تا 30 دقیقه تغییر می کرد. نتایج نشان دادند که کیفیت غذایی گندم و لوبیا تحت تابش پلاسما تغییر نمی یابد (26).

3-3- نتایج ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی در جدول 5 آورده شده است.

باکتری های گرم مثبت قادر به تولید اسپور هستند که یک حالت بسیار مقاوم از سلول می باشد. اسپورها از چندین لایه که هسته ژنتیکی را احاطه می کند تشکیل شده اند. این پروتئین ها به حملات شیمیایی اتمهای خنثی فعال حساس هستند. بنابراین اتمهای خنثی فعال که توسط پلاسماهای اتمسفری تولید می شوند تا حد زیادی تمامیت دیواره ها، لایه ها و غشاهای سلولی میکروارگانیسم ها را دستخوش تغییر قرار می دهند (11). مولکول های پروتئین که از نظر ساختاری زنجیره های خطی از اسیدهای آمینه می باشند به اکسیداسیون توسط اکسیژن اتمی OH یا مولکول های برانگیخته شبه پایدار اکسیژن حساس می باشند. پروتئین ها نقش دروازه هایی را دارند که کنترل عبور ماکرومولکول های مختلف را به داخل و خارج از سلول به عهده دارند (10) پلاسما یک منبع UV با طول موجهای مختلف است که در استریلیزاسیون موثر است. فوتونهای UV-C در پلاسما دارای انرژی کافی برای تغییر ساختار قابل ملاحظه در مولکولهای آلی بوده و عمق نفوذ آنها زیاد است. این امر موجب می شود فوتونهای UV-C بیشترین تاثیر را در استریلیزاسیون مستقیم داشته باشند. تابش UV در محدوده طول موج 200-300 نانومتر با دوزهای چندین میکروژول بر سانتیمتر مربع موجب صدمات کشنده به سلولها می گردد. چند مکانیسم بیولوژیکی وجود دارند که موجب غیر فعال شدن بیوارگانیسمها توسط UV می گردند. در میان تاثیرات بخصوص UV بر روی سلولهای باکتریها می توان به

جدول 5- امتیاز ارزیابی حسی (SE± میانگین) بر نمونه پودر سیر

نمونه	مزه	بو	رنگ	ظاهر
قبل از پلاسما	$3/4 \pm /254^a$	$4/53 \pm /133^a$	$3/8 \pm /165^a$	$4/4 \pm /130^a$
تابش با پلاسما 20 دقیقه	$3/46 \pm /215^a$	$4/53 \pm /133^a$	$3/86 \pm /133^a$	$4/4 \pm /13^a$

حروف کوچک لاتین مقایسه ستونی هر مشخصه را نشان می دهد. ($p < 0/05$)

نتایج ارزیابی حسی نشان می دهند پلاسما ی اتمسفری DBD تک قطبی اثری بر طعم، رنگ، بو و مزه پودر سیر ندارد. تغییر رنگی توسط چشم در پودر سیر مشاهده نشد.

3-4- نتایج آزمون ارزیابی رنگ

میانگین تغییر رنگ کلی پودر سیر پس از تابش با پلاسما در جدول 6 نشان داده شده است.

جدول 6- ارزیابی تغییر رنگ کلی (ΔE) و a^* , b^* , L^* (میانگین \pm SE) بر روی نمونه پودر سیر

نمونه	L^*	a^*	b^*	ΔE
قبل از فرآوری	90/33 \pm /33 ^b	.33 \pm /.33 ^a	.66 \pm /.33 ^a	1/41 \pm 0 ^a
تابش با پلاسما 20 دقیقه	92/00 \pm 0/00 ^a	.33 \pm /.33 ^a	0/0 \pm 0/0 ^a	1/88 \pm /24 ^a

حروف کوچک لاتین مقایسه ستونی هر مشخصه را نشان می دهد. ($p < 0/05$).

نتایج حاصل از رنگ سنجی نشان می دهند اختلاف معنی داری در تغییر رنگ کلی (ΔE) پودر سیر و پارامترهای a^* و b^* در نمونه های تیمار و کنترل مشاهده نشد و لیروشنایی (L^*) در نمونه های تحت تابش پلاسما افزایش یافته است.

4- نتیجه گیری

2. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1392.

میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام- آماده سازی آزمایش، سوسپانسیون اولیه و رقت های اعشاری برای آزمون میکروبی- قسمت 4: مقررات ویژه برای آماده سازی فرآورده ها به جزء شیر، گوشت، ماهی و فرآورده های آنها. استاندارد ملی ایران، شماره 4-8923، تجدید نظر اول.

3. Arici, M. Colak, FA. and Gecgel, Ü. 2007. Effect of gamma radiation on microbiological and oil properties of black cumin (*Nigella sativa* L.). *Grasas y aceites*, 58(4):339-43
4. Bettleheim, F.A. and March, J. 1995. *Introduction to General, Organic and Biochemistry*, 4th edition, Saunders College Publ., Orlando, FL.
5. Erdoğan, SB. and Ekiz, Hİ. 2011. Effect of ultraviolet and far infrared radiation on microbial decontamination and quality of cumin seeds. *J Food Sci*, 76(5), pp:284-292.
6. Fernandez, A. Shearer, N. Wilson, D.R. and Thompson, A. 2011. Effect of microbial loading on the efficiency of cold atmospheric gas plasma inactivation of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *J. Food Microbiol.* 152, 175e180

این تحقیق نشان میدهد که پلاسمای اتمسفری یک روش ضد عفونی کننده می باشد که میتواند جایگزین مناسبی برای روشهای دیگر در کاهش جمعیت میکربی بر روی سطح محصولات تازه یا خام و یا مواد بسته بندی شده باشد. تحقیقات ما نشان میدهد که پلاسمای DBD تک قطبی با فشار اتمسفری ممکن است یک روش جایگزین مناسب برای آلودگی زدایی پودر سیر باشد بدون این که اثرات تخریبی بر روی کیفیت دانه ها داشته باشد. فناوری پلاسمای سرد میتواند در مقیاسهای بزرگ و صنعتی برای ضد عفونی غذا و محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. این تکنولوژی به طور فزاینده ای در میان تولیدکننده های غذایی به عنوان استریل سطوح مورد قبول واقع شده است. تاثیر پلاسمای سرد بر روی ترکیبات حساس غذایی، عمدتاً چربیها، ویتامینها و غیره نیاز به تحقیقات بیشتری دارد و در صورت اثبات بی اثر بودن آن در کیفیت مواد غذایی می تواند کاربردهای وسیع تری در صنایع غذایی داشته باشد.

5- منابع

1. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، 1381. پودر سیر- ویژگی ها و روش های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره 5999، چاپ اول.

- garlic oil but not diallyl disulfide in rats with streptozotocin-induced diabetes. *Food Chem Toxicol.* 44(8):1377-84.
16. Lukinac, J. Jokic, S. Planinic, M. Magdic, D. Bilic, M. Tomas, S. et al. 2009. An application of image analysis and colorimetric methods on color change of dehydrated asparagus (*Asparagus maritimus* L.) *Agriculturae conspectus scientificus* 74, pp: 233-237.
 17. Manchester, K. 1996. Use of UV methods for measurement of protein and nucleic acid concentrations. *Biotechniques.* 20(6):968.
 18. Moisan, M. Barbeau, J. Moreau, S. Pelletier, J. Tabrizian, M. and Yahia, L.H. 2001. Low-temperature sterilization using gas plasmas: a review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms. *Int J. Pharm.* 226:1-21.
 19. Moskowitz, H. R. Muñoz, A. M. & Gacula, M. C. 2003. Viewpoints and controversies in sensory science and consumer product testing. CT, USA, Food and Nutrition Press, Inc.
 20. Pothakamury, UR. Monsalve-Gonzalez, A. Barbosa-Cánovas, GV. and Swanson, BG. 1995. Inactivation of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* in model foods by pulsed electric field technology. *Food Res. Int.* 28(2), pp:167-71.
 21. Rahman, K. and Lowe, G.M. 2006. Garlic and cardiovascular disease: a critical review. *Journal of Nutrition* 136, pp: 736-740
 22. Rastogi, RP. Richa, Kumar A. Tyagi, MB. and Sinha, RP. 2010. Molecular Mechanisms of Ultraviolet Radiation-Induced DNA Damage and Repair. *Journal of Nucleic Acids.* pp: 592980, doi: 10.4061/2010/592980.
 23. Roth, JR. Sherman, DM. Ben, Gadri R. Karakaya, F. Chen, ZY. Montie, TC. et al. 2000. A remote exposure reactor (RER) for plasma processing and sterilization by plasma active species at one atmosphere. *IEEE Transactions on Plasma Science*, Vol 28, Issue 1, Page: 56-63.
 7. Gallagher, M.K. Vaze, N. Gangoli, S. Vasilets, V.N. Gutsol, A.F. and Milovanova, T.N. 2007. Rapid inactivation of airborne bacteria using atmospheric pressure dielectric barrier grating discharge. *IEEE Trans. Plasma Sci.* 35, pp:1501-1510
 8. Gaunt, LF. Beggs, CB. and Georghiou, GE. 2006. Bactericidal action of the reactive species produced by gas-discharge nonthermal plasma at atmospheric pressure: a review. *Plasma Science, NPSS* 34, pp:1257-69.
 9. Hertwig, C. Reineke, K. Ehlbeck, J. Erdoğan, B., Rauh, C. and Schlüter, O. 2014. Impact of remote plasma treatment on natural microbial load and quality parameters of selected herbs and spices. *Journal of Food Engineering*, Volume 167, Page: 12-17.
 10. Hong, Y. Kang, J. Lee, H. Uhm, H. Moon, E. and Park, Y. 2009. Sterilization effect of atmospheric plasma on *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* endospores. *Lett. Appl. Microbiol.* 48(1), pp:33-7.
 11. Kayes, MM. Critzer, FJ. Kelly-Wintenberg, K. Roth, JR. Montie, TC. and Golden, DA. 2007. Inactivation of foodborne pathogens using a one atmosphere uniform glow discharge plasma. *Foodborne Pathog. Dis.* 4(1), pp:50-9.
 12. König, FK. Schneider, B. 1986. Knoblauch bessert Durchblutungsstörungen. *Ärztliche Praxis*, 38: pp 344-345.
 13. Laroussi, M. 2002. Nonthermal decontamination of biological media by atmospheric-pressure plasmas: Review, analysis, and prospects. *Plasma Science, NPSS* 30, pp:1409-15.
 14. Laroussi, M. and Leipold, F. 2004. Evaluation of the roles of reactive species, heat, and UV radiation in the inactivation of bacterial cells by air plasmas at atmospheric pressure. *J. Mass Spectrom.* 233: 81.
 15. Liu, CT. Wong, PL. Lii, CK. Hse, H. and Sheen, LY. 2006. Antidiabetic effect of

24. sale, A. and Hamilton, W. 1967. Effects of high electric fields on microorganisms: I. Killing of bacteria and yeasts. *Biochim. Biophys. Acta (BBA)-General Subjects*. 148(3) pp:781-8.
25. Schlüter, O. Ehlbeck, J. Hertel, C. Habermeyer, M. Roth, A. Engel KH, et al. 2013. Opinion on the use of plasma processes for treatment of foods. *Molecular nutrition & Food Research*.
26. Selcuk, M. Oksuz, L. and Basaran, P. 2008. Decontamination of grains and legumes infected with *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. by cold plasma treatment. *Bioresou. Technol.* 99(11), pp:5104-9.
27. Song, H.P. Kim, B. Choe, J.H. Jung, S. Moon, S.Y. Choe, W. et al. 2010. Evaluation of atmospheric pressure plasma to improve the safety of sliced cheese and ham inoculated by 3-strain cocktail *Listeria monocytogenes*. *Food Microbiol.* 26, pp:432-436.
28. Sospedra, I. Soriano, JM. and Mañes, J. 2010. Assessment of the microbiological safety of dried spices and herbs commercialized in Spain. *Plant Foods Hum Nutr* 65:364-368. doi:10.1007/s11130-010-0186-0
29. Wouters, PC. and Smelt, JP. 1997. Inactivation of microorganisms with pulsed electric fields: potential for food preservation. *Food Biotechnol.* 11(3), pp:193-229.