



تأثیر ترکیبی پلاسمای سرد اتمسفری و اسانس آویشن شیرازی بر میزان مهار رشد آسپرژیلوس فلاووس در پنیر سفید ایرانی و ارزیابی خواص حسی آن

مهديه رئوفی اصل صوفیانی^۱، نگین نوری^۲، افشین آخوندزاده بستنی^۲، حسن گندمی نصرآبادی^۲، حامد اهری^۳، محمدرضا خانی^۴

^۱ دانش آموخته دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۲ گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳ گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۴ پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۲۰ تیرماه ۱۴۰۱، تاریخ پذیرش: ۲۹ شهریور ماه ۱۴۰۱

[10.22059/jvr.2022.337641.3231](https://doi.org/10.22059/jvr.2022.337641.3231)

[20.1001.1.20082525.1401.77.3.2.1](https://doi.org/10.1001.1.20082525.1401.77.3.2.1)

چکیده

زمینه مطالعه: پنیر به عنوان منبع شیوع بیماری‌های ناشی از غذا در سراسر جهان شناخته شده است.
هدف: در مطالعه حاضر میزان مهار رشد کپک آسپرژیلوس فلاووس تلقیح شده بر پنیر سفید ایرانی با استفاده از پلاسمای سرد اتمسفری و اسانس آویشن شیرازی به صورت منفرد و ترکیبی و تأثیر آن‌ها بر ویژگی‌های حسی پنیر بررسی شده است.
روش کار: در مطالعه حاضر نمونه‌های پنیر برش داده شده در حضور و غیاب ۱۰۰ پی پی ام اسانس آویشن شیرازی به مدت ۲ و ۵ دقیقه تحت شارش پلاسمای سرد اتمسفری قرار گرفتند و به مدت ۶۰ روز در دمای یخچالی نگهداری شدند. سپس در ۵ فاصله زمانی (روزهای ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰) و هر کدام در بازه زمانی ۱۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند و میزان رشد شعاعی، مهار رشد و خصوصیات حسی نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند.
نتایج: اثر بازدارندگی پلاسما دارای الگوی وابسته به مدت زمان شارش پلاسما بوده و با افزایش زمان شارش کاهش بیشتری در میزان رشد شعاعی کپک دیده می‌شود. در تمام زمان‌های شارش پلاسما اثر بازدارندگی معنی‌داری بر رشد کپک نسبت به گروه کنترل دیده شد ($P < 0.05$). از نظر درصد مهار رشد نیز کمترین میزان مهار در حضور اسانس به تنهایی است و بیشترین خاصیت مهارکنندگی در اثر شارش ۵ دقیقه پلاسما همراه با اسانس می‌باشد. تفاوتی بین ویژگی‌های حسی پنیر تحت تیمار با پلاسما و اسانس به صورت ترکیبی در مقایسه با نمونه‌های تحت شارش پلاسما به تنهایی وجود ندارد. همچنین نتایج مطالعه حاضر بیانگر این بود که افزودن اسانس اثری بر ویژگی‌های حسی پنیر ندارد.
نتیجه‌گیری نهایی: نتایج نشان می‌دهد که پلاسمای گلاپدینگ آرک دارای اثرات بازدارندگی بر رشد کپک آسپرژیلوس فلاووس در پنیر بدون ایجاد تغییرات نامطلوب حسی می‌باشد، اما شرایط باید برای کاربردهای صنعتی بهینه شود.

کلمات کلیدی: اسانس آویشن شیرازی، پلاسمای گلاپدینگ آرک، پنیر سفید، کپک آسپرژیلوس فلاووس، ویژگی‌های حسی

کپی‌رایت © تحقیقات دامپزشکی: دسترسی آزاد؛ کپی‌برداری، توزیع و نشر برای استفاده کامل با ذکر منبع آزاد است.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

نویسنده مسئول: نگین نوری، گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران، تهران، ایران

مقدمه

را دارند و با تولید سم، تغییر رنگ، تغییر طعم و همچنین کاهش ارزش تغذیه‌ای باعث فساد محصول می‌شوند و آن را برای مصرف انسان نامناسب می‌کنند (۱). به طور کلی، رشد کپک روی پنیر یک مشکل

ایمنی غذایی یک موضوع عمده و رایج در صنعت غذا در سراسر جهان در نظر گرفته می‌شود. قارچ‌ها میکروارگانیسم‌های فاسدکننده بسیاری از مواد غذایی هستند که توانایی رشد بر روی انواع غذاها از جمله پنیر

Mass سرشاخه‌های گیاه به روش تقطیر با بخار آب تهیه و توسط دستگاه کروماتوگراف متصل به طیف نگار جرمی با ستون موئینه به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵۰ spectrometry دستگاه مورد استفاده از نوع میکرومتر و ضخامت لایه داخلی ۰/۲۵ میکرومتر بود Thermoquest finnigan که جهت تشخیص اجزای اسانس استفاده شد. دستگاه دارای برنامه دمایی ۵۰ تا ۲۶۵ درجه سانتی‌گراد با افزایش ۲/۵ درجه سانتی‌گراد در هر ۶۰ ثانیه و نگهداری ستون در ۲۶۵ درجه به مدت نیم ساعت بود. دمای اتاقک تزریق ۲۵۰ درجه، سرعت گاز حامل هلیوم ۱/۵ میلی‌لیتر در دقیقه، انرژی یونیزاسیون ۷۰ شناساگر الکترون ولت و دمای منبع یونیزاسیون ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد بود (۱۰).

تهیه کپک و آماده‌سازی سوسپانسیون اسپور: ابتدا

کپک آسپرژیلوس فلاووس با ATCC ۵۰۴۱ تهیه شد. کپک در محیط پتیتو دکستروز آگار به مدت ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری شد تا اسپور تولید گردد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر از محلول ۰/۰۵ درصد توئین ۸۰ و سرم فیزیولوژی استریل به پلیت اضافه شد و با میله شیشه‌ای خمیده استریل سطح کشت به آرامی خراش داده شد. محلول حاصل با استفاده از پشم شیشه فیلتر شد تا قطعات میسیلیوم حذف شود. تعداد اسپورها به وسیله لام هموسیستمتر شمارش شد و تراکم اسپورها توسط محلول توئین ۸۰ و سرم فیزیولوژی استریل به ۱۰^۶ اسپور در هر میلی‌لیتر رسانده شد (۱۱).

ویژگی دستگاه پلاسمای گلایدینگ آرک: در مطالعه

حاضر، از سیستم تولید پلاسمای سرد به روش گلایدینگ آرک با برند نیک فناوران پلاسما ساخت کشور ایران استفاده شد. این منبع تولید پلاسما دارای ولتاژ ۲۶ کیلوولت و توان ۳۰۰ وات بود. متغیر فرآیند مدت زمان شارش پلاسما ۲ و ۵ دقیقه بود و از مخلوط گازهای نیتروژن، اکسیژن و هیدروژن (هوا) با جریان ۱۰ لیتر/دقیقه استفاده شد. اختلاف پتانسیل الکتریکی بالای سینوسی در فرکانس ۵۰ هرتز برای تیمار نمونه‌ها استفاده شد. ساختار اصلی دستگاه از دو الکتروستوانه‌ای تشکیل شده است که به منبع برق AC متصل است. به دنبال ورود گاز از طریق کپسول و اعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی مناسب، حالت چهارم ماده یا پلاسما تشکیل شد که به صورت جت از نازل خارج گردید. به علت ژئومتری دستگاه، پلاسمای تولید شده در دمای اتاق و در فشار اتمسفر باقی می‌ماند. طول جت پلاسما

رایج برای تولید کننده پنیر در طول رسیدن و همچنین برای خرده فروشان و مصرف کنندگان در طول دوره نگهداری در یخچال می‌باشد. گونه‌های پنی سیلیوم و آسپرژیلوس آلاینده‌های رایج پنیر هستند (۲) و میزان رطوبت ۹۰-۸۰ درصد و دمای ۳۶-۳۸ درجه سانتی‌گراد برای فعالیت آن‌ها مطلوب می‌باشد (۳). روش‌های شیمیایی و فیزیکی مختلفی برای مهار رشد قارچ‌ها در مواد غذایی مورد مطالعه قرار گرفته است. از جمله این روش‌ها جداسازی فیزیکی محصولات آلوده، فرآیندهای حرارتی، تابش بیولوژیکی، استخراج با حلال‌ها و استفاده از مواد شیمیایی می‌باشند که استفاده از این روش‌ها به دلیل مسائل مربوط به ایمنی مواد غذایی، کاهش احتمالی در کیفیت تغذیه‌ای، محدودیت اثربخشی و هزینه‌های گزاف اجرایی، محدود شده است (۴،۵). وجود این محدودیت‌ها، انگیزه‌ای برای به کارگیری روش‌های جدید در مواد غذایی ایجاد کرده است. در طول دهه گذشته، علاقه و شدت مطالعه در مورد استفاده از پلاسما در زمینه فرآوری مواد غذایی افزایش یافته است. پلاسمای سرد اتمسفری یک جایگزین بالقوه برای غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌ها می‌باشد که در آن ذرات باردار، ذرات خنثی و اکشنگر، گونه‌های واکنشگر اکسیژن، گونه‌های واکنشگر نیتروژن، اوزون و اشعه ماوراءبنفش تولید می‌شوند که هر یک از این گونه‌ها به تنهایی می‌توانند میکروارگانیسم‌ها را غیرفعال یا متلاشی کنند و همچنین در ترکیب با هم اثر هم‌افزایی دارند (۶). از طرفی، محبوبیت جایگزین‌های طبیعی مانند اسانس‌ها در مقابل افزودنی‌های مصنوعی مانند (سوربات و بنزوات) روز به روز در حال افزایش است (۷). آویشن شیرازی یک گیاه معطر از خانواده لامیاسه است و در ایران، افغانستان و پاکستان می‌روید (۸). تاکنون مطالعات زیادی در خصوص اثر ضد میکروبی اسانس آویشن شیرازی گزارش شده است (۹). هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر دو عامل ضد میکروبی یعنی به کارگیری فناوری پلاسمای سرد اتمسفری و اسانس آویشن شیرازی به صورت منفرد و ترکیبی بر میزان درصد مهار رشد کپک آسپرژیلوس فلاووس در پنیر سفید ایرانی در طول دوره نگهداری است که تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه انجام نشده است و همچنین خصوصیات ارگانولپتیک پنیر مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش کار

تهیه اسانس و شناسایی ترکیبات: گیاه آویشن

شیرازی در فصل تابستان از استان فارس جمع‌آوری شد و پس از تأیید نام علمی، نمونه هرباریومی توسط گیاه‌شناسان پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی تهران تهیه شد. اسانس از F به شماره ۱۸۴۲۱-Gas chromatography-

تاریخ روز از بازار تهیه شد. ورقه‌هایی از پنیر با ضخامت ۴ میلی‌متر بریده و داخل پلیت قرار داده شدند. به طوری که کف پلیت کاملاً با پنیر پوشانیده شد. قبل از تلقیح میکروارگانیسم‌ها، نمونه‌ها به منظور استریلیزاسیون به سازمان انرژی اتمی منتقل شدند و تحت تابش اشعه گاما با دوز ۳۰ کیلوگری قرار گرفتند (۱۳).

۲۷ میلی‌متر و فاصله نمونه‌ها و نازل ۴ میلی‌متر بود. از سوی دیگر تیمار نمونه‌ها در حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۰ درصد انجام گرفت. پیش از انجام آزمایش‌ها، هوا و محفظه مربوط به جایگاه نمونه‌ها توسط لامپ فرابنفش حداقل به مدت ۳۰ دقیقه استریل شد (۱۲).

آماده سازی نمونه‌های پنیر: ابتدا چندین قالب پنیر تازه سفید ایرانی (شرکت پگاه) که حاصل یک بهر بودند، به

جدول ۱. ترکیب شیمیایی اسانس آویشن شیرازی.

ترکیبات	اندیس بازدارندگی	درصد
تیمول	۲۸/۵۹۷	۲۳/۱۸
آلفا-فلاندرن	۱۴/۳۲	۰/۱۳
(ای)-بتا-اسیمن	۱۴/۶۸	۴/۴۷
کامفن	۱۵/۱۸۷	۰/۲۹
۱-اکتان-۳-ال	۱۵/۹۷۵	۰/۴۵
۳-اکتانول	۱۶/۰۷۴	۰/۴۴
۳-اکتانول	۱۶/۷۱۱	۰/۴۲
میرسن	۱۶/۷۹۱	۱/۱۲
پی-سیمن	۱۸/۱۸۸	۱/۱۳
سین ال	۱۸/۴۶۴	۱/۲۴
برن ال	۲۳/۸۲	۰/۲۱
۴-ترپین ال	۲۴/۳۱۵	۱/۲۹
آلفا-ترپین	۱۷/۹۶	۱/۰۸
۱-بتاپینن	۱۶/۳۲۲	۰/۴۴
آلفا-ترپین ال	۲۵/۰۳۳	۰/۹۱
گاماترپینن	۱۹/۶۷۳	۳/۲۵
لینالول	۲۱/۰۷۵	۰/۷۴
تیمول متیل‌اتر	۲۶/۷۶۶	۲/۳۴
تیمول استات	۳۰/۵۹۱	۱/۳۷
کارواکرول	۲۹/۱۳۳	۳۳/۸۵
درنول	۳۱/۲۵۸	۲/۱۸
پی-ترت-بوتیل کتکول	۳۳/۵۸۹	۰/۳۳
کاریوفیلن	۳۳/۹۷۷	۲/۹۰
آلوارمادندرن	۳۴/۶۴۵	۱/۲۸
آلفا-هامالن	۳۵/۰۶۴	۰/۲۱
(+)-لدن	۳۶/۴۰۹	۰/۵۷
(-)-اسپاتولنول	۳۸/۷۹۲	۱/۰۳
کاریوفیلن اکسید	۳۹/۰۲۳	۱/۵۷
ایزوبوتیل-او-فتالات	۴۶/۲۲۶	۰/۴۰
سینرون	۴۸/۷۷	۰/۳۳
مجموع	-	۹۹/۱۴

ویژگی‌های ظاهری مانند رنگ، طعم، بو، بافت و مقبولیت به شرح زیر ارزیابی شدند: ۹= بسیار عالی، ۸= خیلی خوب، ۷= خوب، ۶= نسبتاً خوب، ۵= نه خوب و نه بد، ۴= نسبتاً بد، ۳= بد، ۲= خیلی بد و ۱= بیش از اندازه نامطلوب. یک سینی پلاستیکی به رنگ سفید با یک عدد سه رقمی تصادفی برای تهیه نمونه‌ها به هر پانلیست داده شد و آب برای شستشوی دهان در طول جلسه فراهم بود. تنوع قابلیت پذیرش نمونه‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ۲۵ مورد تفسیر قرار گرفت (۱۵).

تجزیه و تحلیل آماری: کلیه آزمایش‌ها در دو تکرار انجام شد. جهت آنالیز آماری نتایج به دست آمده از نرم افزار SPSS ۲۵ استفاده شد و تجزیه و تحلیل داده‌های کمی با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA انجام شد و نتایج به صورت میانگین و انحراف معیار ارائه شد. جهت مقایسه بین میانگین‌ها از تست Tukey با معنی‌داری ($P < 0.05$) استفاده شد. در ضمن ویژگی‌های حسی با استفاده از آزمون آماری Kuruskal wallis آنالیز شدند (۱۶).

نتایج

استخراج و آنالیز اسانس: پس از انجام آزمایش‌های لازم، نتایج حاصل از مطالعه حاضر در ۳ جدول و ۱ تصویر آورده شد. جدول ۱ ترکیبات شیمیایی مختلف اسانس را که توسط GC/MS تعیین شد، نشان می‌دهد. ترکیبات اصلی اسانس آویشن شیرازی به کار برده شده در این مطالعه، شامل کارواکرول (۳۳/۸۵ درصد)، تیمول (۲۳/۱۸ درصد)، پی-سیمن (۱۱/۱۳ درصد)، (ای)-بتا-اسیمن (۴/۴۷ درصد)، تریپنین (۳/۲۵ درصد) و کاریوفیلین (۲/۹ درصد) می‌باشند (۱۷).

بررسی فعالیت ضد میکروبی پلاسما سرد اتمسفری و اسانس آویشن شیرازی بر کپک آسپریژیلوس فلاووس در مدل غذایی پنیر: به هر یک از نمونه‌های پنیر داخل پلیت به میزان ۰/۵ میلی لیتر اسانس آویشن شیرازی با غلظت ۱۰۰ پی پی ام افزوده و اطراف پلیت‌ها توسط پارافیلیم پوشانده شد. بعد از گذشت ۳۰ دقیقه، ۱۰ میکرولیتر از سوسپانسیون اسپور آسپریژیلوس فلاووس با رقت 10^6 cfu/ml در مرکز نمونه‌های پنیر تلقیح شد. تیمارهای آماده شده به مدت ۱ ساعت در دمای محیط قرار گرفتند تا اتصال میکروارگانیسم با پنیر به خوبی انجام شود. سپس نمونه‌ها به مدت ۲ و ۵ دقیقه تحت شارش پلاسما گلابدینگ آرک با مشخصات ذکر شده قرار گرفتند. سپس نمونه‌های حاوی کپک آسپریژیلوس فلاووس به مدت ۶۰ روز در دمای یخچالی نگهداری شدند. سپس در ۵ فاصله زمانی (روزهای ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰) و هر کدام در بازه زمانی ۱۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند و از روز اول تا پایان روز دهم هر روز میزان رشد شعاعی قارچ‌ها بر حسب میلی‌متر با خط‌کش اندازه‌گیری شدند. تمام آزمایش‌ها با ۲ تکرار انجام شد (۱۴).

به منظور محاسبه درصد مهار رشد کپک از فرمول زیر استفاده گردید:

$$\text{درصد مهار رشد} = 100 \times (\text{قطر کونیدی در محیط کنترل} / \text{قطر کونیدی در محیط تیمار} - \text{قطر کونیدی در محیط کنترل})$$

ارزیابی حسی: ارزیابی حسی توسط یک گروه هفت نفره که به دلیل تجربیات آنان در این زمینه انتخاب شدند، صورت پذیرفت. پنیر به صورت $2 \times 30 \times 30$ میلی‌متر برش داده شد و نمونه‌ها با در نظر گرفتن یک رده‌بندی نه امتیازی با مقیاس هدونیک بر اساس

جدول ۲. اثر پلاسما سرد اتمسفری و اسانس آویشن شیرازی به صورت ترکیبی و مجزا بر میزان رشد شعاعی کپک آسپریژیلوس فلاووس (بر حسب میلی‌متر) در پنیر در طول ۶۰ روز.

روز ۱	روز ۱۵	روز ۳۰	روز ۴۵	روز ۶۰	
۰ ± ۹/۵۷ ^a	۱ ± ۴۴/۵۲ ^d	۶۹/۳ ± ۳/۸۴ ^c	۸۰ ± ۰ ^d	۸۰ ± ۰ ^c	کنترل
۰ ± ۹/۵۷ ^a	۲۲/۰ ± ۳/۸۸ ^{b,c}	۳۴/۱ ± ۷/۴۵ ^b	۵۱/۲ ± ۷/۳ ^c	۱ ± ۶۹/۱۵ ^d	۱۰۰ پی پی ام
۰ ± ۹/۵۷ ^a	۲۴/۰ ± ۶/۸۸ ^c	۱ ± ۳۴/۷۳ ^b	۲ ± ۵۳/۳ ^c	۶۸/۱ ± ۷/۲۰ ^d	۲ دقیقه
۰ ± ۹/۵۷ ^a	۱۷/۰ ± ۳/۸۸ ^{a,b}	۲۵/۰ ± ۷/۸۸ ^{a,b}	۴۰ ± ۰/۵۷ ^b	۵۳/۱ ± ۷/۷۶ ^c	۲ دقیقه - ۱۰۰ پی پی ام
۰ ± ۹/۵۷ ^a	۲ ± ۱۵/۰۸ ^a	۲۲/۲ ± ۷/۷۲ ^a	۱ ± ۲۹/۱۵ ^d	۴۰/۱ ± ۷/۴۵ ^b	۵ دقیقه
۰ ± ۹/۵۷ ^a	۱ ± ۱۲/۱۵ ^a	۱۶/۰ ± ۳/۸۸ ^a	۲۳/۰ ± ۳/۸۸ ^a	۲۸/۱ ± ۷/۲۰ ^a	۵ دقیقه - ۱۰۰ پی پی ام

±SE میانگین: SE خطای معیار ۳ آزمایش مجزا با ۲ تکرار در هر بار آزمایش است. برای هر تیمار، میانگین با حروف غیرمشابه در هر ستون نشانه اختلاف آماری معنی‌دار است ($P < 0.05$).

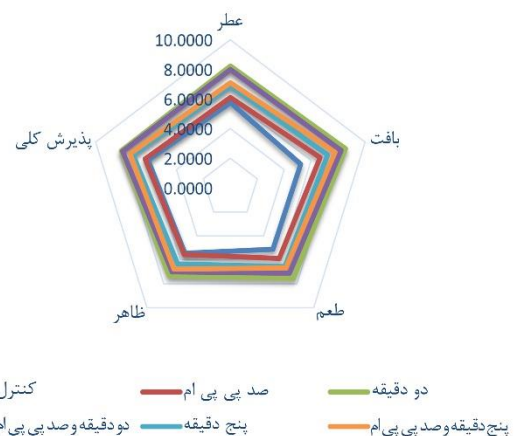
جدول ۳. اثر پلاسمای سرد اتمسفری و اسانس آویشن شیرازی به صورت ترکیبی و مجزا بر میزان مهار رشد کپک *آسپرژیلوس فلاووس* (بر حسب درصد) در پنیر در طول ۶۰ روز.

روز ۶۰	روز ۴۵	روز ۳۰	روز ۱۵	
۱۳/۷۵	۳۰/۴۲	۵۰/۰۰	۴۹/۲۵	۱۰۰ پی پی ام
۱۴/۱۷۵	۳۳/۷۵	۵۰/۹۵	۴۳/۹۵	۲ دقیقه
۳۲/۹۲	۵۰	۶۲/۹۸	۶۰/۶۱	۱۰۰ پی پی ام - ۲ دقیقه
۴۹/۱۷	۶۳/۷۵	۶۷/۳۱	۶۵/۹۰	۵ دقیقه
۶۴/۱۷	۷۰/۸۳	۷۶/۴۴	۷۲/۷۲	۱۰۰ پی پی ام - ۵ دقیقه

بازدارندگی پلاسما دارای الگوی وابسته به مدت زمان شارش پلاسما بوده و با افزایش زمان شارش کاهش بیشتری در میزان رشد شعاعی کپک دیده می‌شود، به طوری که اختلاف آماری معنی‌داری بین گروه‌های تحت تیمار پلاسما به مدت ۲ و ۵ دقیقه از روز ۱۵ تا پایان دوره نگهداری مشاهده شد و این میزان در پایان روز ۶۰ به ۱۸ میلی‌متر رسید. در بین گروه‌های تحت تیمار پلاسما به مدت ۲ و ۵ دقیقه همراه با ۱۰۰ پی پی ام اسانس اختلاف آماری معنی‌دار در اواخر دوره نگهداری یعنی روزهای ۴۵ و ۶۰ مشاهده شد و این میزان در پایان روز ۶۰ به اوج خود یعنی ۲۵ میلی‌متر رسید. در تمام زمان‌های شارش پلاسما اثر بازدارندگی معنی‌داری بر رشد کپک نسبت به گروه کنترل دیده می‌شد ($P < 0.05$). در بین گروه‌های تحت شارش پلاسما به مدت ۵ دقیقه به صورت انفرادی و ترکیبی با ۱۰۰ پی پی ام اسانس اختلاف آماری معنی‌دار فقط در روز ۶۰ مشاهده شد که این اختلاف به ۱۲ میلی‌متر رسید و بیشترین کاهش رشد کپک در پنیرهای تحت تیمار ۵ دقیقه‌ای پلاسما در حضور اسانس مشاهده شد که میزان رشد شعاعی آن در روز ۶۰ به حدود ۳۰ میلی‌متر رسید.

درصد مهار رشد کپک *آسپرژیلوس فلاووس* تحت اثر

پلاسمای سرد اتمسفری و اسانس آویشن شیرازی در پنیر سفید ایرانی در طول ۶۰ روز: جدول ۳ بیانگر میزان درصد مهار رشد کپک در حضور اسانس و پلاسما به تنهایی و توأم است که کمترین میزان مهار رشد کپک در حضور اسانس به تنهایی است و بیشترین خاصیت مهارکنندگی در اثر شارش ۵ دقیقه پلاسما در حضور اسانس می‌باشد. از طرفی شارش پلاسما به مدت ۲ دقیقه به تنهایی دارای خاصیت مهارکنندگی بیش از ۲ برابر نسبت به حضور ۱۰۰ پی پی ام اسانس به تنهایی است و شارش پلاسما به مدت ۵ دقیقه به تنهایی دارای خاصیت مهارکنندگی بیش از ۴/۵ برابر نسبت به حضور ۱۰۰ پی پی ام اسانس به تنهایی است. به طور کلی میزان مهار رشد کپک با افزایش مدت زمان شارش



تصویر ۱. ارزیابی خواص حسی پنیر سفید ورقه شده تحت تیمار با پلاسمای گلاپدینگ آرک در حضور و غیاب اسانس آویشن شیرازی.

فعالیت ضد میکروبی پلاسمای سرد اتمسفری و اسانس آویشن شیرازی بر کپک *آسپرژیلوس فلاووس* در پنیر سفید ایرانی: در جدول ۲ تأثیر پلاسمای گلاپدینگ آرک تولید شده با مخلوط گازهای نیتروژن، اکسیژن و هیدروژن (هوا) در توان ثابت دستگاه بر میزان رشد شعاعی کپک *آسپرژیلوس فلاووس* به تنهایی و در حضور اسانس آویشن شیرازی در زمان‌های مختلف بر پنیر سفید ایرانی نمایش داده شده است. بین دو گروه کنترل و گروه تیمار شده با ۱۰۰ پی پی ام اسانس در ۱۰ روز اول دوره نگهداری پنیر اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. اما از روز ۱۵ تا پایان روز ۶۰ اختلاف آماری این دو گروه معنی‌دار بود و بیشترین اختلاف در میزان رشد شعاعی کپک در روز ۳۰ مشاهده شد که معادل ۳۴/۶ میلی‌متر است. در بین گروه‌های تحت شارش پلاسما به مدت ۲ دقیقه به صورت انفرادی و ترکیبی با ۱۰۰ پی پی ام اسانس اختلاف آماری معنی‌داری در روزهای ۱۵، ۴۵ و ۶۰ مشاهده شد و بیشترین اختلاف در پایان دوره نگهداری مشاهده شد که به ۱۵ میلی‌متر رسید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که اثر

پلاسما ارتباط مستقیم دارد و با افزایش مدت زمان شارش از ۲ به ۵ دقیقه درصد مهار رشد کپک به بیش از ۳ برابر رسید.

ارزیابی ویژگی‌های حسی: نتایج حاصل از ارزیابی حسی در تصویر ۱ نشان داده شده است. بالاترین امتیاز خصوصیات حسی مربوط به نمونه‌های پنیر تحت شارش ۲ دقیقه پلاسما در حضور و غیاب اسانس بود. درحالی‌که با افزایش مدت زمان شارش به ۵ دقیقه امتیاز خصوصیات حسی در حضور و غیاب اسانس کاهش یافت و کمترین امتیاز بعد از گروه کنترل مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۰۰ پی پی ام اسانس بود.

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بیشترین میزان غیرفعال‌سازی کپک در اثر شارش پلاسما به مدت ۵ دقیقه در حضور اسانس مشاهده شد. همچنین با افزایش مدت زمان شارش اثر مهارکنندگی افزایش یافت. در مطالعه Dasan و همکاران در سال ۲۰۱۶ اثر ضد میکروبی پلاسماهای هوای خشک در فشار اتمسفر بر کپک‌های *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* تلقیح شده بر سطح فندق بررسی شده است و نتایج آن‌ها نشان داد که در ولتاژ ۱۰۰ ولت و فرکانس ۲۵ کیلوهرتز بعد از ۵ دقیقه شارش پلاسما میزان کاهش در لگاریتم تعداد *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* با دوز تلقیح 10^6 cfu/g به ترتیب ۴/۵۰ و ۴/۱۹ به دست آمد، همچنین گزارش کردند که افزایش مدت زمان تیمار با پلاسما منجر به تشکیل منافذ بسیار بزرگتر بر سطح اسپوره‌های *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* شد که باعث پاره شدن پوشش هاگ‌ها شد و در نهایت مرگ سلول را ایجاد کرد که نتایج آن‌ها با مطالعه حاضر مطابقت دارد (۴). Kim و همکاران در سال ۲۰۱۴، اثر ضد میکروبی پلاسماهای سرد بر پودر فلفل قرمز را بررسی کردند و نتایج نشان داد که با اعمال پلاسما نیتروژن در فشار اتمسفر با توان ۹۰۰ وات، ۲/۵ لگاریتم کاهش اسپور در هر گرم پودر فلفل قرمز آلوده به *آسپرژیلوس فلاووس* ایجاد شد (۱۸). در مطالعه Suhem و همکاران در سال ۲۰۱۳، اثر مهاری پلاسماهای سرد اتمسفری بر کپک *آسپرژیلوس فلاووس* در برنج قهوه‌ای بررسی شد و نتایج نشان داد بعد از شارش پلاسماهای آرگون در فشار اتمسفر به مدت ۵ دقیقه تعداد اسپوره‌های *آسپرژیلوس فلاووس* به میزان ۳/۰۳ لگاریتم در هر گرم برنج قهوه‌ای کاهش یافت (۱۹). Devi و همکاران در سال ۲۰۱۷، اثر پلاسماهای سرد اتمسفری را در دو ولتاژ

۱۵۰۰ و ۱۹۵۰ ولت و توان ۴۰ و ۶۰ وات بر نمونه‌های بادام زمینی آلوده به *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* بررسی نمودند و مشاهده کردند که در توان ۶۰ وات میزان کاهش رشد در *آسپرژیلوس فلاووس* و *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* به ترتیب ۹۹/۳ و ۹۷/۹ درصد است (۲۰). Xiong و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان دادند که پلاسماهای اتمسفری غیرحرارتی دارای اثر غیر فعال‌کنندگی بر کپک *آسپرژیلوس*، اسپوره‌های *باسیلیوس سوبتیلیس*، *باسیلیوس پومیلوس* و *باسیلیوس آتروفائوس* می‌باشند (۲۱). تولید پلاسماهای سرد اتمسفری در حضور هوای محیط، بر ساختارهای سطحی و درون سلولی *آسپرژیلوس فلاووس* تأثیر می‌گذارد به طوری که موجب خشک شدن دیواره سلولی، اکسید شدن پلی ساکاریدها، نازک شدن هیفاها و ایجاد چین و چروک‌هایی در سطح آن می‌شود که در نهایت، اکسیداسیون لیپیدها و باقی‌مانده‌های قند باعث ایجاد اختلال در یکپارچگی سلول و مرگ آن می‌شود (۲۲). اثر ضدقارچی اسانس آویشن شیرازی در بررسی‌های بسیاری ثابت شده است (۱۱). فعالیت ضد میکروبی اسانس آویشن شیرازی مربوط به وجود ترکیبات فنولیک آن مانند کارواکرول و تیمول است (۲۳). به طور کلی عملکرد ضد میکروبی آن، حاصل از واکنش میان گروه‌های فعال اسانس مانند گروه هیدروکسیل با اجزای سلول میکروارگانیسم است که منجر به ایجاد اختلال در عملکرد غشای سیتوپلاسمی، اختلال در نیروی حرکت پروتونی و جریان الکتریکی، انعقاد محتویات سلولی و در نهایت مرگ میکروارگانیسم‌ها می‌شود (۲۴). نتایج حسی مطالعه حاضر نشان داد که پنیرهای تحت شارش پلاسما به مدت ۵ دقیقه در حضور و غیاب اسانس مقبولیت کمتری را به دلیل پایین بودن پذیرش ظاهری و طعم پنیر نسبت به نمونه‌های تحت تیمار ۲ دقیقه‌ای پلاسما در حضور و غیاب اسانس داشتند. در مطالعه Lee و همکاران در سال ۲۰۱۲، پتانسیل استفاده از سیستم پلاسماهای تخلیه سرد دی الکتریک بر بهبود ایمنی میکروبی پنیر و ویژگی‌های ظاهری و خصوصیات حسی آن بررسی شد و نتایج آن‌ها نشان داد که اعمال پلاسما موجب کاهش خصوصیات حسی مانند طعم، بو و مقبولیت کلی پنیرهای برش خورده شد که دلیل آن ایجاد اکسیداسیون لیپیدی در پنیر با شارش پلاسما بود که می‌تواند بر ویژگی‌های حسی آن تأثیر بگذارد (۲۴). رادیکال‌های آزاد که پیش‌ساز هیدروپراکسیدهای لیپیدی هستند، باعث اکسیداسیون لیپید و تولید محصولات ثانویه اکسیداسیون مانند آلکان‌ها، آلکن‌ها، آلدئید، الکل‌ها، کتون‌ها و اسیدها می‌شوند (۲۴). این محصولات جانبی بوهایی بدی را تولید می‌کنند که به صورت

دسترسی راحت به این ماده و همچنین به دلیل این که اسانس در غلظت‌های بسیار کم تأثیر خاصی بر عطر و طعم مواد غذایی ایجاد نمی‌کند اما می‌تواند موجب مهار رشد کپک شود، این مطالعه می‌تواند مقدمه‌ای جهت استفاده از این دو عامل ضد میکروبی در صنایع غذایی باشد تا بدین طریق امکان استفاده از منابع قابل دسترس و مقرون به صرفه به صورت توأم فراهم شود و در نهایت گامی در جهت رسیدن به سلامت و ایمنی مواد غذایی در جامعه برداشته شود. البته این امر مستلزم انجام پژوهش‌های گسترده‌تر در خصوص شناسایی دقیق مکانیسم عمل هر یک از اجزای پلاسما‌ی گلایدینگ آرک در حوزه مولکولی و عملکرد این اجزا در مدل‌های غذایی است.

سیاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان مراتب قدردانی خود را از پژوهشکده لیزر و پلاسما‌ی دانشگاه شهید بهشتی جهت فراهم نمودن امکانات لازم برای اجرای طرح ابراز می‌نمایند. همچنین از کارشناسان بخش قارچ شناسی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تهران جهت همکاری تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

بین نویسندگان تعارض در منافع گزارش نشده است.

فلزی، ماهی، فاسد و اکسید شده توصیف می‌شوند (۲۴). میزان تغییرات حسی در غذاهای تحت شارش پلاسما بسته به ویژگی‌های غذا مانند ترکیب اسیدهای چرب، محتوای چربی و محتوای پروتئین آن متفاوت است. بنابراین، تعیین عوامل مؤثر بر تغییرات حسی در غذاهای تحت درمان با پلاسما به منظور جلوگیری از هرگونه اثرات جانبی پلاسما مهم است.

نتیجه‌گیری نهایی: از آنجایی که سلامت غذا مسأله‌ای

حیاتی از دیدگاه مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان مواد غذایی می‌باشد، بنابراین ارائه راهکارهایی جهت حفظ هر چه بهتر و بیشتر سلامت و کیفیت مواد غذایی در جامعه باید رو به گسترش باشد. بررسی اجمالی متون نشان می‌دهد که تاکنون مطالعات اندکی در مورد ارزیابی تأثیر پلاسما‌ی سرد اتمسفری بر مهار رشد کپک در مواد غذایی مختلف انجام شده است. از طرفی، طبق بررسی‌های انجام شده مطالعه‌ای که به بررسی مقایسه‌ای تأثیر پلاسما‌ی سرد اتمسفری و اسانس آویشن شیرازی پرداخته باشد، یافت نگردید. لذا، انجام و ادامه این مطالعات در مدل‌های غذایی مختلف و بررسی تأثیر ترکیبات مؤثر موجود در پلاسما بر کپک‌ها به منظور ایجاد راهکاری تازه برای کنترل زیستی آن‌ها بدون استفاده از مواد شیمیایی، ضروری به نظر می‌رسد، زیرا استفاده از مواد شیمیایی سبب ایجاد نگرانی‌های عمده در بهداشت عمومی می‌باشند. از سویی دیگر به علت ارزان و آسان بودن استفاده از تکنولوژی پلاسما و همچنین فراوان و بومی بودن گیاه آویشن شیرازی در ایران و

References

- Pitt JI, Hocking AD. Fungi and Food Spoilage. 3rd ed. CSIRO Food and Nutritional Sciences. New York, USA; 2009.
- de Elguea-Culebras GO, Sánchez-Vioque R, Santana-Méridas O, Herraiz-Peñalver D, Carmona M, Berruga MI. In vitro antifungal activity of residues from essential oil industry against *Penicillium verrucosum*, a common contaminant of ripening cheeses. LWT. 2016; 73: 226-32. doi: [10.1016/j.lwt.2016.06.008](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.008)
- Moosavi- Nasab M, Jamaljan J, Heshmati H, Haghghi-Manesh S. The inhibitory potential of *Zataria multiflora* and *Syzygium aromaticum* essential oil on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in culture media and Iranian white cheese. Food Sci Nutr. 2018; 6(2): 318-24. doi: [10.1002/fsn3.557](https://doi.org/10.1002/fsn3.557) PMID: [29564098](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29564098/)
- Dasan BG, Mutlu M, Boyaci IH. Decontamination of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* spores on hazelnuts via atmospheric pressure fluidized bed plasma reactor. Int J Food Microbiol. 2016; 216: 50-9. doi: [10.1016/j.ijfoodmicro.2015.09.006](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.09.006) PMID: [26398284](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26398284/)
- Mošovská S, Medvecká V, Gregová M, Tomeková J, Valík L, Mikulajová A, Zahoranová A. Plasma inactivation of *Aspergillus flavus* on hazelnut surface in a diffuse barrier discharge using different working gases. Food Control. 2019; 104: 256-61. doi: [10.1016/j.foodcont.2019.05.003](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.05.003)
- Fridman A. Plasma biology and plasma medicine. In Plasma chemistry. Cambridge University Press. 2008. p. 848-913
- Salvia-Trujillo L, Rojas-Grau MA, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. Impact of microfluidization or ultrasound processing on the antimicrobial activity against *Escherichia coli* of lemongrass oil-loaded nanoemulsions. Food Control. 2014; 37: 292-7. doi: [10.1016/j.foodcont.2013.09.015](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.09.015)
- Carballo DE, Mateo J, Andrés S, Giráldez FJ, Quinto EJ, Khanjari A, Operta S, Caro I. Microbial growth and biogenic amine production in a Balkan-style fresh sausage during refrigerated storage under a CO₂-containing anaerobic atmosphere: effect of the addition of *Zataria multiflora* essential oil and hops extract. Antibiotics. 2019; 8(4): 227. doi: [10.3390/antibiotics8040227](https://doi.org/10.3390/antibiotics8040227) PMID: [31731685](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31731685/)
- Rezaeigolestani M, Misaghi A, Khanjari A, Basti AA, Abdulkhani A, Fayazfar S. Antimicrobial evaluation of novel poly-lactic acid based nanocomposites incorporated with bioactive compounds in-vitro and in refrigerated vacuum-packed cooked sausages. Int J Food Microbiol. 2017; 260: 1-0. doi: [10.1016/j.ijfoodmicro.2017.08.006](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.08.006) PMID: [28843118](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28843118/)

10. Misaghi A, Akhondzadeh Basti A. Effects of *Zataria multiflora* boiss. essential oil and nisin on *Bacillus cereus* ATCC 11778. *Food Control*. 2007; 18(9): 1043-9. doi: [10.1016/j.foodcont.2006.06.010](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.06.010)
11. Gandomi H, Misaghi A, Basti AA, Bokaei S, Khosravi A, Abbasifar A, Javan AJ. Effect of *Zataria multiflora* boiss. essential oil on growth and aflatoxin formation by *Aspergillus flavus* in culture media and cheese. *Food Chem Toxicol*. 2009; 47(10): 2397-400. doi: [10.1016/j.fct.2009.05.024](https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.05.024)
12. Darvish F, Sarkari NM, Khani M, Eslami E, Shokri B, Mohseni M, Ebrahimi M, Alizadeh M, Dee CF. Direct plasma treatment approach based on non-thermal gliding arc for surface modification of biaxially-oriented polypropylene with post-exposure hydrophilicity improvement and minus aging effects. *Appl Surface Sci*. 2020; 509: 144815. doi: [10.1016/j.apsusc.2019.144815](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.144815)
13. Yong HI, Kim HJ, Park S, Kim K, Choe W, Yoo SJ, Jo C. Pathogen inactivation and quality changes in sliced cheddar cheese treated using flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma. *Food Res Int*. 2015; 69: 57-63. doi: [10.1016/j.foodres.2014.12.008](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.008)
14. Kim HJ, Yong HI, Park S, Choe W, Jo C. Effects of dielectric barrier discharge plasma on pathogen inactivation and the physicochemical and sensory characteristics of pork loin. *Current Applied Physics*. 2013;13(7): 1420-5. doi: [10.1016/j.cap.2013.04.021](https://doi.org/10.1016/j.cap.2013.04.021)
15. Mohammadi K, Karim G, Hanifian S, Tarienejad A, Gasemnezhad R. Study of the effect of *Zataria multiflora* essential oil on *Escherichia coli* O157: H7 in white salted white cheese during production and storage. *Health Food*. 2011; 1(2): 69-78 (In Persian).
16. Rahmani F, Gandomi H, Noori N, Faraki A, Farzaneh M. Microbial, physicochemical and functional properties of probiotic yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* enriched by green tea aqueous extract. *Food Sci Nutr*. 2021; 9(10): 5536-45. doi: [10.1002/fsn3.2512](https://doi.org/10.1002/fsn3.2512) PMID: [34646523](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34646523/)
17. Beikzadeh S, Hosseini SM, Mofid V, Ramezani S, Ghorbani M, Ehsani A, Mortazavian AM. Electrospun ethyl cellulose/poly caprolactone/gelatin nanofibers: The investigation of mechanical, antioxidant, and antifungal properties for food packaging. *Int J Biol Macromol*. 2021; 191: 457-64. doi: [10.1016/j.ijbiomac.2021.09.065](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.065) PMID: [34536473](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34536473/)
18. Kim B, Yun H, Jung S, Jung Y, Jung H, Choe W, Jo C. Effect of atmospheric pressure plasma on inactivation of pathogens inoculated onto bacon using two different gas compositions. *Food Microbiol*. 2011; 28(1): 9-13. doi: [10.1016/j.fm.2010.07.022](https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.07.022) PMID: [21056769](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21056769/)
19. Suhem K, Matan N, Nisoa M, Matan N. Inhibition of *Aspergillus flavus* on agar media and brown rice cereal bars using cold atmospheric plasma treatment. *Int J Food Microbiol*. 2013; 161(2): 107-11. doi: [10.1016/j.ijfoodmicro.2012.12.002](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.12.002) PMID: [23279819](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23279819/)
20. Devi Y, Thirumdas R, Sarangapani C, Deshmukh RR, Annapure US. Influence of cold plasma on fungal growth and aflatoxins production on groundnuts. *Food Control*. 2017; 77: 187-91. doi: [10.1016/j.foodcont.2017.02.019](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.02.019)
21. Xiong Z, Lu X, Feng A, Pan Y, Ostrikov K. Highly effective fungal inactivation in He+ O₂ atmospheric-pressure nonequilibrium plasmas. *Physics of Plasmas*. 2010; 17(12): 123502. doi: [10.1063/1.3526678](https://doi.org/10.1063/1.3526678)
22. Šimončicová J, Kaliňáková B, Kováčik D, Medvecká V, Lakatoš B, Kryštofová S, Hoppanová L, Palušková V, Hudecová D, Ďurina P, Zahoranová A. Cold plasma treatment triggers antioxidative defense system and induces changes in hyphal surface and subcellular structures of *Aspergillus flavus*. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2018; 102(15): 6647-6658. doi: [10.1007/s00253-018-9118-y](https://doi.org/10.1007/s00253-018-9118-y) PMID: [29858953](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29858953/)
23. Hematizad I, Khanjari A, Basti AA, Karabagias IK, Noori N, Ghadami F, Gholami F, Teimourifard R. In vitro antibacterial activity of gelatin-nanochitosan films incorporated with *Zataria multiflora* Boiss essential oil and its influence on microbial, chemical, and sensorial properties of chicken breast meat during refrigerated storage. *Food Packaging and Shelf Life*. 2021; 30: 100751. doi: [10.1016/j.fpsl.2021.100751](https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100751)
24. Lee HJ, Jung S, Jung HS, Park SH, Choe WH, Ham JS, Jo C. Evaluation of a dielectric barrier discharge plasma system for inactivating pathogens on cheese slices. *Journal of Animal Science and Technology*. 2012; 54(3): 191-8. doi: [10.5187/JAST.2012.54.3.191](https://doi.org/10.5187/JAST.2012.54.3.191)



Combined Effect of Atmospheric Cold Plasma and *Zataria multiflora* Essential Oil Boiss. on the Growth Inhibition of *Aspergillus flavus* in Iranian White Cheese and Evaluation of its Sensory Properties

Mahdieh Raofi Asl Soufiani¹✉, Negin Noori²✉, Afshin Akhondzadeh Basti²✉, Hassan Gandomi Nasrabadi²✉, Hamed Ahari³✉, Mohammadreza Khani⁴✉

¹ Graduated from the Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

² Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

³ Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

⁴ Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

doi: [10.22059/jvr.2022.337641.3231](https://doi.org/10.22059/jvr.2022.337641.3231)

Received: 11 July 2022, Accepted: 20 September 2022

Abstract

BACKGROUND: Cheese is recognized as a source of foodborne illness worldwide.

OBJECTIVES: In this study, the growth inhibition of *Aspergillus flavus* inoculated on Iranian white cheese was investigated using cold atmospheric plasma and *Zataria multiflora* essential oil individually and in combination along with their effect on the sensory properties of cheese.

METHODS: Slices of cheese cut in the presence and absence of 100 ppm of *Zataria multiflora* essential oil were exposed to cold atmospheric plasma for 2 and 5 minutes and stored in a refrigerator for 60 days. Afterwards, they were incubated in 5 time intervals (days 0, 15, 30, 45 and 60) and each was evaluated over a period of 10 days at 25 °C.

RESULTS: Based on the results, the plasma inhibitory effect had a pattern dependent on the plasma flow time and the increase in the flow time reduced the radial growth rate of mold. At all times of plasma flow, a significant inhibitory effect was observed on the mold growth compared to the control group ($P < 0.05$). In terms of growth inhibition percentage, the lowest inhibition was detected in the presence of essential oil alone and the highest inhibitory property resulted from 5 minutes of plasma flow with essential oil. There was no difference between the sensory properties of plasma-treated cheese and the essential oil in combination with those of plasma-treated samples alone. The findings also showed that the addition of essential oil had no effect on the sensory properties of cheese.

CONCLUSIONS: Gliding arc plasma has inhibitory effects on the growth of *Aspergillus flavus* mold in cheese without adverse sensory changes, but the conditions must be optimized for industrial applications.

Keywords: *Aspergillus flavus*, Gliding Arc, Sensory properties, White cheese, *Zataria multiflora* essential oil

Copyright © 2022. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-4.0 International License which permits Share, copy and redistribution of the material in any medium or format or adapt, remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.

Corresponding author's email: Negin Noori, Tel/Fax: 021-61117067 / 021-66933222

How to cite this article:

Raofi Asl Soufiani M, Noori N, Akhondzadeh Basti A, Gandomi Nasrabadi H, Ahari H, Khani M. Combined Effect of Atmospheric Cold Plasma and *Zataria multiflora* Essential Oil Boiss. on the Growth Inhibition of *Aspergillus flavus* in Iranian White Cheese and Evaluation of its Sensory Properties. J Vet Res, 2022; 77(3): 145-153.
doi: [10.22059/jvr.2022.337641.3231](https://doi.org/10.22059/jvr.2022.337641.3231)

Figure Legends and Table Captions

Table 1. The chemical composition of *Z. multiflora* Boiss. EO.

Table 2. The effect of atmospheric cold plasma and *Z. multiflora* Boiss. EO on the radial growth rate of *A. flavus* (in mm) in cheese over the period of 60 days. Data are means \pm SD of two replicates. For each treatment condition, means with different letters in the same column indicating a significant difference ($P < 0.05$).

Table 3. The effect of atmospheric cold plasma and *Z. multiflora* Boiss. EO on the growth inhibition of *A. flavus* (in percentage) in cheese over the period of 60 days.

Figure 1. Sensory evaluation of sliced white cheese treated by gliding arc plasma in the presence and absence of *Z. multiflora* Boiss. EO.