ارزیابی اثر پلاسمای سرد بر ماندگاری قارچ صدفی

عرفان شعبانی، علیرضا شهاب لواسانی*+

گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین -پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

محمود حبیبیان

گروه مهندسی شیمی، پژوهشکده نفت، پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران، تهران، ایران

محمد رضا اسحاقی، سارا موحد

گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین -پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

چکیده: پلاسمای سرد یکی از روش‌های نگهداری مواد غذایی در صنعت غذا است که باعث افزایش مدت ماندگاری در محصولات غذایی می‌شود، هدف از این تحقیق بررسی افزایش ماندگاری قارچ صدفی تحت تیمار پلاسمای سرد است که تحت تیمار دو گاز (آرگون و هوا) در مدت‌زمان‌های (۰، ۵، ۱۰، ۲۰) دقیقه در فشار ۱ تور و توان ۱۰۰وات سطح قارچ صدفی مورد تابش پلاسمای سرد قرار گرفت که منجر به کاهش شمارش کلی، کلی‌فرم، کپک و مخمر و سودوموناس سرینجی پی وی گردید. نتایج تحلیل‌های میکروبی و فیزیکی نشان داد که در مدت‌زمان پنج دقیقه تحت تیمار پلاسمای سرد گازهای برانگیخته شده آرگون و هوا بار میکروبی را تا ۹۹درصد کاهش داد و کمترین اثر بر روی خواص فیزیکی و ظاهری محصول قارچ صدفی را ایجاد نمود. در بررسی خواص فیزیکی قارچ صدفی (بافت و وزن) نشان داد که اثر نوع گاز بر این شاخص‌ها دارای اثر معنی‌داری بوده است و حدود ده درصد بهبود عملکرد داشته. افزایش زمان تیمار پلاسما در زمان بیست دقیقه منجر تفاوت معنی‌دار گردید. ($p<0.05$) در بررسی نوع گاز و اثر آن بر تیمار نشان داد که نوع گاز تفاوت معنی‌داری ایجاد می‌کند و اثربخشی گاز هوا از آرگون در شمارش کلی کمی بیشتر است. ($p<0.05$) در نهایت پس از اعمال پلاسمای سرد در قارچ صدفی معین گردید که پلاسمای سرد روش مناسب و کم‌هزینه‌ای برای استریل و پاستوریزاسیون قارچ در جهت افزایش ماندگاری آن خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: مدت ماندگاری، قارچ صدفی، پلاسمای سرد

***KEYWORDS**: Shelf life, Oyster mushroom, Cold plasma*

مقدمه

قارچ پلوروتوس معروف به قارچ صدفی است، زیرا کلاهک آن شبیه صدف حلزون، قاشقی و زبانی شکل است. این قارچ متعلق به خانواده تریکولوماتاسه[۱]، ردیف آگاریکاله[۲] و رده بازیدیومایست[۳] است. قارچ مزبور در نواحی معتدل یا نیمه‌گرمسیری (در فصول سردتر سال)

* عهده‌دار مکاتبات

+E- mail: shahabam20@yahoo.com

(۱) Tricholomataceae

(۲) Agaricales

(۳) Basidiomycetes

به‌صورت طبیعی بر روی چوب‌های پوسیده درختانی از قبیل بلوط، نارون، افرا، راچ و صنوبر می‌روید. با توجه اینکه گونه‌های مختلف قارچ صدفی دارای خصوصیت سازگاری و رشد آسان و سریع است، تولید آن به طور فزاینده‌ای در کشورهای مختلف جهان گسترش‌یافته است و روش‌های کشت و فن‌های پرورش آن نسبتاً ساده و کم‌هزینه است. قارچ یک محصول با مدت ماندگاری کم بوده و همواره حجم زیادی از قارچ تولید دچار فساد شده قارچ صدفی سرشار از پروتئین، کلسیم، فسفر، ویتامین A,D,E,K و املاح معدنی است. نیاز بدن به‌ویژه در کودکان و خانم‌های باردار را می‌توان با تغذیه قارچ تازه تأمین کرد. نظر به اینکه در کشور ما ایران، در سال‌های اخیر کیفیت و ارزش غذایی این محصول برای غالب جوامع شهرنشین و روستایی مکشوف گردیده، به همین لحاظ سطح تولید باتوجه‌به نیاز و افزایش تقاضا و مصرف از طریق افزایش سطح زیر کشت واحدهای تولیدی موجود و یا احداث واحدهای جدید تولید در حال گسترش و توسعه است. تأمین نیاز غذایی، یک نیاز ضروری و مهم هر کشوری است. با افزایش روزافزون جمعیت، برآورده‌کردن نیازهای غذایی با کشاورزی سنتی میسر نیست. داشتن مقدار زیاد کالری به‌تنهایی نمی‌تواند نشان‌دهنده تغذیه مناسب و استاندارد باشد چرا که ماده غذایی باید مواد معدنی، ویتامین‌ها و انواع پروتئین‌ها را داشته باشد تا انرژی کافی را تأمین نماید. قارچ‌ها ترکیبی غنی از پروتئین، کربوهیدرات، املاح باارزش و ویتامین‌ها هستند[۶]. پلاسما یک گاز یونیزه است که شامل الکترون، یون، رادیکال، گونه‌های فعال، اتم‌های هیجان‌زده است، مولکول‌های پلاسما را می‌توان برای مواد حساس به دما مانند سلول‌های بیولوژیکی به‌منظور عقیم‌سازی، بهبود عملکرد دانه و عملکرد محصول استفاده کرد[۷]. استفاده از پلاسمای سرد در فن آوری مواد غذای باعث ازبین‌بردن اسپورهای عامل فساد از مواد غذایی شد[۱۶]. از آرگون آغشته شده در هوا برای ازبین‌بردن قارچ آسپرژیلوس اس پی پی[۱] استفاده شد[۱۰]. در رابطه با آسپرژیلوس اس پی پی تحقیقات اخیر نشان داده است که پلاسمای سرد به‌تنهایی اسپورها را از بین ببرد ایضاً قادر به تخریب افلاتوکسین است[۸].

پلاسما سرد یک روش بازدارنده‌ی رشد میکروب‌ها محسوب می‌گردد که با طیف گونه‌های شیمیایی واکنش‌پذیر که می‌تواند از تخلیه الکتریکی موجود در گازهای اتمسفری به دست آید، این‌گونه‌های واکنش‌پذیر مؤثر در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها، از جمله باکتری‌ها، قارچ‌ها، اسپورها، ویروس‌ها و همچنین سموم دفع آفات و مایک و توکسین‌ها است[۵]. با استفاده از پلاسمای سرد در داخل بسته به‌صورت معمول و تجدیدپذیر می‌توان مدت ماندگاری و هوشمندسازی بسته‌بندی را توسعه دهیم، در فراوری مواد غذایی از گرما برای مبارزه با میکروارگانیسم‌ها عامل فساد به‌صورت فیزیکی استفاده می‌شود و از ترکیبات ضدمیکروبی طبیعی و سنتیکی در جهت ماندگاری محصولات فراورده‌های غذایی استفاده می‌شد و هم اکنون نیز استفاده می‌گردد؛ اما در زمینه‌ی استفاده از الکترومغناطیس برای حفظ یک یا چند ماده غذایی موردنیاز بشریت در قرن اخیر است این روش در مقایسه با استفاده از فناوری‌های کنسرو و سایر فناوری‌ها دارای تفاوت چشمگیر است این فناوری در طی آزمایش‌های متعدد بوده و از بشریت در زمان صلح نیز حمایت کرده، با انقلاب به وجود آمده در قرن ۲۰ام و معرفی پلیمرها، کنسرو درون کیسه‌ها دارای توجیه و دلایل متعددی شد[۵].

با وجود محبوبیت پردازش‌های حرارتی که به‌صورت گسترده مورد اقبال عمومی قرار گرفته؛ اما این روش باعث ازدست‌دادن مقدار قابل‌توجهی از کیفیت مواد غذایی می‌گردد[۶]. پلاسمای سرد تیمار میوه‌های بسته‌بندی نشده در ۳۶ درجه سلسیوس و رطوبت اشباع برای سه روز به طور مؤثر پوسیدگی را بدون صدمه در طول نگهداری در ۱۷ درجه سلسیوس به مدت ۳۵ روز کاهش داد. برای اولین‌بار تیمار حرارتی میوه در سال ۱۹۲۲ به‌وسیله‌ی *فاوست*[۲] برای کاهش فیتوفوترا سیتو فوتورا [۳]انجام شد. همچنین تحقیقات دیگر نشان داد تیمار پس از برداشت در دمای ۳۴-۳۶ درجه سلسیوس برای ۴۸-۷۲ ساعت به طور مؤثرتری پوسیدگی را کنترل کرده و کاهش داد[۲۰].

باتوجه‌به مطالب بالا می‌توان گفت که به علت کاهش تلفات محصول و افزایش بازدهی و دائمی بودن این فناوری برای بلندمدت در سالیان متمادی می‌توان نتیجه‌گیری کرد با توجیه عوامل اقتصادی بسیار بهینه می‌توان این فناوری را جایگزین فناوری‌های گذشته نمود و کیفیت محصول نهایی را با برابری بسیار نزدیک به محصول تازه برداشت شده رساند و اثرات فیزیک و شیمیایی نگهداری‌ها را به حداقل ممکن رساند که دارای توجیه اقتصادی و امنیت غذایی بالایی است. عامل دیگر فساد تنفس است، تنفس فرایند شکستن مواد آلی به محصولات ساده است که انرژی لازم برای متابولیسم را فراهم می‌کند، افزایش تنفس سرعت متابولیسم در میوه و سبزی‌ها را افزایش می‌دهد و در نتیجه پیری را تسریع می‌نماید

(۱) Asprgillus spp
(۲) Fawcett
(۳) phytophtora Citrophtora

دما سرعت تنفس را با افزایش نیاز به انرژی برای واکنش‌های متابولیکی تحت‌تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین سرعت تنفس با افزایش نیاز به انرژی برای واکنش‌های متابولیکی، تحت‌تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین سرعت تنفس با افزایش دمای محصول افزایش می‌یابد اختلالات فیزیولوژیکی به‌وسیله‌ی عدم تعادل مواد مغذی برداشت نامناسب و نگهداری در دمای نامناسب اتفاق می‌افتد.[۱۱].

ماندگاری قارچ صدفی با بررسی اثر فعالیت میکروبی و اسیدیته و شاخص‌های فیزیکی نظیر سفتی بافت قارچ و درصد کاهش وزن بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه‌ها و انجام آزمون‌های میکروبی

نمونه‌های قارچ با ویژگی یکسان تحت دو تیمار گاز (آرگون و هوا) مدت اعمال پلاسما در چهار سطح ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ دقیقه قرار گرفت و بلافاصله بار میکروبی آنها اندازه‌گیری شد. همچنین برای آزمایش‌های ارزیابی شاخصه‌های کیفی طی نگهداری در دمای پایین ابتدا سه گروه قارچ صدفی با ویژگی یکسان انتخاب شدند. در گروه‌های انتخاب شده نمونه‌های قارچ صدفی تحت تیمارهای مذکور قرار گرفتند.

برای ارزیابی بار میکروبی نمونه‌ها شامل باکتری‌های مزوفیل هوازی، و مخمر و کپک‌ها از روش شمارش کلی استفاده گردید. برای شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی محیط کشت استریل پلیت کانت آگار[1] و روش کشت پور پلیت و برای شمارش کپک و مخمر محیط کشت استریل پوتیتو دکستروز آگار[2] با اسید تارتاریک ۱۰ درصد و روش کشت سطحی استفاده شد[۱].

روش کشت سطحی برای شمارش کپک و مخمر برای روش کشت سطحی نیاز به تهیه سوسپانسیونی از باکتری است. به‌عبارت‌دیگر، باید از باکتری موردنظر در محیط مایع رقت معینی را تهیه گردید، و سپس با استفاده از سمپلر مقدار مشخصی از آن را برداشته شد و بر سطح محیط کشت جامد استریل پیش ریخته و خشک منتقل گردید. سپس، با استفاده از میله پخش‌کننده شیشه‌های عصایی شکل قطر حدود ۳/۵ میلیمتر و طول ۲۰ سانتیمتر و با زاویه قائمه یا جنس به‌صورت یکنواخت آن را پخش نموده شد. در این روش برای کشت کپک و مخمر مقدار ۱۰۰۰ میکرولیتر از هر رقت بر پلیت‌های استریل با محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار منتقل شد. سپس پلیت‌های کشت داده شده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ روز در انکوباتور قرار داده شدند[۳].

جست‌وجو شمارش باکتری‌های هوازی

برای شمارش باکتری کل هوازی باتوجه‌به استاندارد شماره ۵۲۷۲ انجام خواهد شد در روش کشت آمیخته نیز ابتدا سوسپانسیونی از باکتری تهیه شد. ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون تهیه شده در کف پلیت استریل ریخته شد و ۲۰-۱۵ سی‌سی محیط کشت به پلیت اضافه گردید و با حرکات دورانی التین کامل مخلوط شد. پلیت‌های کشت داده شده با روش پور پلیت و با استفاده از محیط کشت پلیت کانت آگار به مدت ۵-۳ روز در دمای ۳۷ درجه سلسیوس در داخل انکوباتور قرار داده شدند. از هر رقت ۲ مشاهده و از هر تیمار ۳ تکرار کشت داده شد. بعد از انکوباسیون، پلیت‌های کلنی شمارش شدند. در نهایت بار میکروبی محاسبه شد[۴]. معادله ۱:

عکس مقدار کشت داده شده × عکس ضریب رقت

× تعداد کلنی شمارش شده = بار میکروبی

برای تهیه سرم فیزیولوژیک ۸/۵ گرم نمک سدیم کلرید به ۱۰۰۰ سی‌سی آب مقطر اضافه شد و پس از حل‌کردن در دستگاه اتوکلاو قرار داده شد تا استریل گردد. در تهیه محیط‌های کشت پلیت کانت آگار و پوتیتو دکستروز آگار[2] به ترتیب ۲۲/۵ گرم و ۳۹ گرم از پودر پلیت کانت آگار و دکستروز آگار هرکدام جداگانه به ۱۰۰۰ سی‌سی آب مقطر اضافه شد. محیط کشت‌ها و وسایل موردنیاز نیز در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱۵ پوند به مدت ۱۵ دقیقه با استفاده از اتوکلاو استریل شدند. سرم فیزیولوژیکی و محیط کشت‌های استریل شده تا زمان استفاده در یخچال استریل نگهداری شدند. به‌منظور فراهم نمودن شرایط اسیدی برای رشد کپک و مخمر و همچنین برای جلوگیری از رشد سایر میکروارگانیسم‌ها، ۱ سی‌سی اسید تارتاریک ۱۰ درصد استریل شده با فیلتر ۴۵ میکرون، به ۱۰۰ سی‌سی از محیط کشت استریل پوتیتو دکستروز آگار، اضافه شد[۲].

تلقیح بار میکروبی

با استفاده از سوش باکتریایی و قارچی (سودوموناس سرینجی پی وی سرینجی[3])، قارچ صدفی را با رقت 10^{2} آلوده گردید و قارچ صدفی آلوده شده با سوش باکتریایی را برای تصدیق وجود باکتری

(۱) PCA
(۲) PDA
(۳) Peseudomonas syringae pv.syringae

شکل ۱- دستگاه پلاسمای سرد نمونه‌های قارچ مورد ارزیابی

مورد آزمون میکروبی قرار گرفته شد و از همان قارچ آلوده شده را مورد پلاسمای سرد قرار گرفت و پس از آن قارچ صدفی را مورد آزمون میکروبی قرار گرفته شد.

آزمون اول را برای تصدیق آلوده‌شدن قارچ صدفی به باکتری و آزمون بعد از پلاسمای سرد قارچ صدفی آلوده شده را برای تصدیق کارایی و عملکرد پلاسمای سرد انجام داده شد[۷].

پلاسمای سرد

تیمار پلاسمای سرد در یک محفظه پلاسما (فناوری الکترونیک دینر آلمان[۱]) با استفاده از ژنراتور RF(۱۳/۵۶ مگاهرتز، حداکثر ۱۰۰ وات) انجام شد. نمونه‌ها در محفظه (ساخته شده از شیشه کوارتز) انجام گردید. عامل‌های فرایند مانند نوع گاز (آرگون و هوا) و قدرت و زمان در معرض قرارگرفتن باتوجه‌به جداول تیمارهای در اختیار دستگاه قرار گرفت و آزمایش‌ها صورت گرفت.

اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی

درصد کاهش وزن:

برای اندازه‌گیری تغییرات وزن، ابتدا نمونه‌های قارچ صدفی بعد از تیمار با گاز پلاسما در ظروف استریل قرار داده شدند و سپس وزن نمونه‌ها هر روز با ترازوی دیجیتال بادقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید و به مدت ۱۴ روز در یخچال در دمای ۶ درجه سلسیوس نگهداری شدند. درصد کاهش وزن نمونه‌ها از طریق رابطه زیر محاسبه شد. به این ترتیب درصد کاهش وزن در طول نگهداری در تیمارهای مختلف مورد مقایسه گرفت و درصد کاهش وزن نمونه‌ها[۲] نسبت به وزن اولیه[۳] با معادله ۲ محاسبه می‌گردد[۱۳]. معادله ۲:

۱۰۰*(وزن میوه قبل از بسته‌بندی / وزن میوه بعد از بسته‌بندی – وزن میوه قبل از بسته‌بندی)

سفتی بافت و ساختار قارچ:

بافت یکی از خواص فیزیکی مواد غذایی است که بیانگر کیفیت آنها است. بافت محصولات غذایی و کشاورزی شامل گستره وسیعی از تعاریف و شاخص‌ها است. این شاخص‌ها شامل ویسکوزیته، سفتی، نرمی، خاصیت کشسانی و کشش‌پذیری است که برای اندازه‌گیری هر یک از این ویژگی‌ها دستگاه خاصی مورداستفاده قرار می‌گیرد. روش‌های متفاوتی از جمله روش‌های حسی و تجهیزات الکترونیکی برای سنجش بافت مواد غذایی وجود دارد که برخی از این روش‌ها برای آزمون بافت مواد غذایی خاصی استاندارد شده‌اند. ازدست‌دادن رطوبت، اصلی‌ترین علت کاهش وزن میوه طی انبارداری است که از طریق چروکیدگی و کاهش بازارپسندی میوه باعث خسارت‌های اقتصادی زیادی می‌شود. از دیگر دلایل افت وزن، تنفس میوه و سوختن مواد آلی از جمله قندها است. سفتی بافت میوه با دستگاه سفتی سنج با پروب ۱۱ میلی‌متر اندازه‌گیری گردید[۱۳].

پی اچ[۴] و اسیدهای قابل تیتراسیون:

پی اچ با دستگاه پی اچ متر و میزان اسید میوه بر حسب اسیدسیتریک و با سود ۰٫۱ نرمال و با معادله ۳ محاسبه گردید[۱۳]. معادله ۳:

اکی‌والان اسید غالب *نرمالیته سود*حجم عصاره*۱۰۰/۱۰۰۰*

حجم سود مصرفی = اسید کل

(۱) Diener electronic Technology
(۲) wR
(۳) w1
(۴) pH

روش آماری و تحلیل نتایج

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به‌صورت آزمایشگاهی است که به‌صورت کاملاً تصادفی از نوع مقادیر تکرارشونده است در جهت تشخیص معنادار بودن($p<0.05$) یا عدم تشخیص معنی‌دار بودن ($p>0.05$) از تجزیه واریانس دوطرفه[1] و مقایسه میانگین‌ها با آزمون شاپیرو با محاسبه پارامترهایی نظیر محاسبه‌ی طول‌موج، تراز انرژی، تبهگنی ترازبالا و احتمال گذار برای خطوط گسیلی، دمای جت پلاسما، غلظت گاز به کار برده شده، بررسی میزان کشندگی میکروارگانیسم‌ها صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج و آنالیز میکروبی

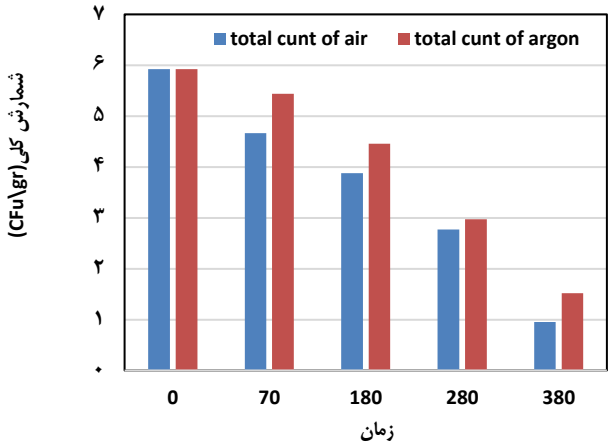
در بررسی و آنالیز آماری تیمار پلاسمای سرد بر قارچ صدفی نتایج نمایان گر و موید گردید که اثر نوع گاز و زمان تأثیر معنی‌داری بر کاهش بار میکروبی و شمارش کلی که منجر به افزایش ماندگاری قارچ صدفی است که در سطح ($P<0.5$) معنی‌دار است(جدول ۱، شکل ۲). درحالی‌که برای اثر کاهش بار کپک و مخمر تنها اثر زمان دارای اثر بوده و شاخص نوع گاز تفاوت معنی‌داری ایجاد ننمود؛ بنابراین نتایج آنالیز واریانس متقابل نشان داد که نوع گاز در شمارش کلی اثرگذار بوده و در کپک و مخمر اثری نداشته است.

شکل ۲، اثر نوع گازها در مقیاس زمان و تأثیر آن‌ها بر میزان بار میکروبی نمونه‌های قارچ صدفی را نمایان می‌نماید همان‌طور که مشخص است نمودارهای تحت تیمار گازهای هوا[2] و آرگون[3] در زمان ۳۸۰ ثانیه دارای تفاوت معنی‌داری هستند. ($p>0.05$) ضمناً با توجه به شکل در سایر سطح تماس‌ها در بازه‌های زمانی مشاهده شده در نمودار تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد($p<0.05$). باتوجه‌به آزمایش‌های صورت‌گرفته نشان داده شد که زمان غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها با مدت‌زمان تیمار ارتباط مستقیمی مشاهده می‌گردد به‌طوری‌که باگذشت زمان سطح میکروارگانیسم‌ها در تماس با گونه‌های گازی برانگیخته شده به‌وسیله‌ی پلاسمای سرد به طور معناداری کاهش می‌یابد[۱۶].

نتایج شکل‌های ۳ و ۴، نشان می‌دهد که پلاسمای سرد در طول زمان باعث کاهش کپک و مخمر در نمونه‌های قارچ صدفی گردیده؛ اما در مقایسه با شمارش کلی میزان کاهش آن به نسبت کپک و مخمر بیشتر بوده و اثر پلاسمای سرد بر شمارش کلی بیشتر است،

جدول ۱- تجزیه واریانس شمارش بار میکروبی سودموناس سرینجی پی وی سرینجی تحت فراوری پلاسمای سرد

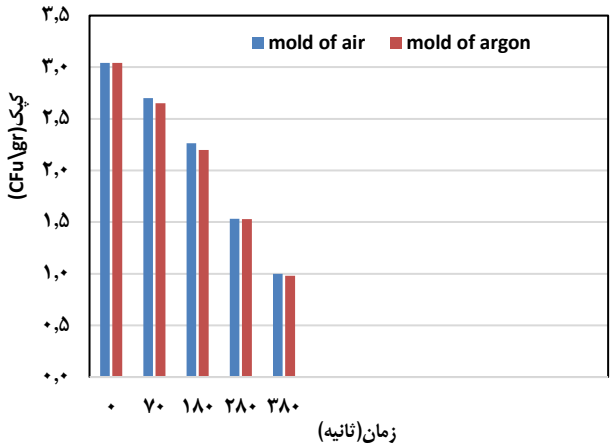
Anova						
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	آمار	تعداد	.خطا	آمار	تعداد	.خطا
زمان	۰/۹۹	۳۵	۰/۰۰۵	۰/۹۴۰	۳۵	۰/۰۵
شمارش کلی	.۰/۱۸۰	۳۵	۰/۰۰۶	۰/۹۱۲	۳۵	۰/۰۰۸



شکل ۲ کاهش بار میکروبی سودوموناس سرینجی پی وی سرینجی جت پلاسمای سرد و زمان

جدول ۲- تجزیه واریانس شمارش کپک تحت فراوری پلاسمای سرد

Anova						
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	آمار	تعداد	.خطا	آمار	تعداد	خطا
زمان	۰/۹۹	۳۵	۰/۰۵۰	۰/۹۴۰	۳۵	۰/۰۵۰
کاهش لگاریتمی کپک	۰/۱۴۴	۳۵	۰/۰۴۹	۰/۹۱۰	۳۵	۰/۰۰۷

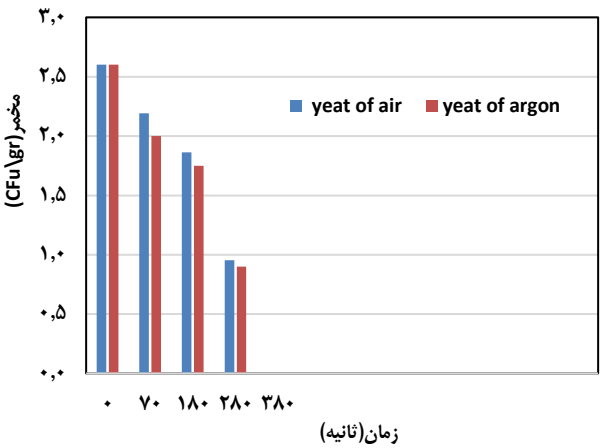


شکل ۳- میزان کاهش کپک تحت تیمار پلاسمای سرد آرگون و هوا

(۱) two way Anova
(۲) Air
(۳) Argon

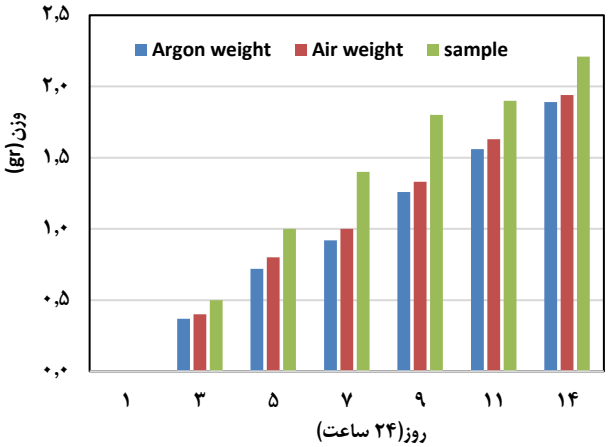
جدول ۳- تجزیه واریانس شمارش مخمر تحت فراوری پلاسمای سرد

Anova						
	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	آمار	تعداد	خطا	آمار	تعداد	خطا
زمان	۰/۹۹	۳۵	۰/۰۰۲*	۰/۹۴۰	۳۵	۰,۰۵۰
کاهش لگاریتمی مخمر	۰/۱۴۸	۳۵	۰/۰۵۰	۰/۸۹۵	۳۵	۰/۰۰۳



شکل ۴- میزان کاهش مخمر تحت تیمارپلاسمای سرد آرگون و هوا

در بررسی اثر پلاسمای سرد بر آسپرژیلوس اس پی پی[۱] به نتایج مشابه نتایج فوق دست یافتند، دلیل این تفاوت می‌تواند به علت ساختار ضخیم دیواره سلولی قارچها به نسبت به غشا پپتیدوگلیکانی دیواره سلولی باکتری‌ها باشد[۲۱]. یا توجه به اینکه ساختار قارچها از ماتریکس‌های پلی‌ساکارید و فیبرپل های سلولز و کتین تشکیل گردیده است سبب این می‌گردد که مقاومت دیواره سلولی افزایش‌یافته و ساختار دی ان ای[۲] دیرتر تخریب گردد[۹]. در مطالعه اثر پلاسمای سرد بر فیتوفورا سیتوفورا[۳] به حساسیت کمتر قارچها و مخمرها به نسبت به سایر گونه‌های باکتری‌ها پی بردند که این عمل به علت ساختار مستحکم دیواره سلولی قارچ و مخمر به نسبت باکتری‌ها است[۲۰]. اثر پلاسمای سرد بر اشرشیا ای کلای[۴] گزارش داده شد که میزان کاهش باکتریایی از قارچ و مخمر کمتر بوده است[۱۴]. در مطالعه‌ی کاندیدا ابلیکنز[۵] دریافتند که در تیمار پلاسمای سرد دارای حساسیت و مقاومت کمتری در ساختار دیواره سلولی است که این به دلیل دیواره‌ی سلولی قارچها که از ماتریکس پلی‌ساکارید و فیبریل سلولز است ساخته شده است[۱۵].



شکل ۵- میزان کاهش وزن نمونه‌های شاهد و تحت تیمار پلاسمای سرد آرگون و هوا

در مطالعه اسپور ال فونگی کولا[۶] متوجه گرده شد که پلاسمای سرد ترکیبی هوا و آرگون و بخار آب سنگین[۷] منجر به کاهش سطح اسپور خواهد شد[۲۲].

درصد کاهش وزن

میزان افت وزن در طول مدت نگهداری در طول دوره نگهداری پس از اعمال تیمار پلاسمای سرد گاز آرگون و هوا همان‌طور که در شکل ۴ نمایان گر است افت وزن در طول مدت ۱۴ روز در هر دو تیمار روندی افزایشی را دارا است و در مقایسه با نمونه شاهد دارای اختلاف معنادار است($p<0.05$)، و در تیمارها نشان داده شد که اثرگذاری گاز آرگون کمی بیشتر از هوا است. در پایان نگهداری بیشتری افت وزنی مربوط به‌روز ۱۴ام و بهترین نتیجه در اثرگذاری پلاسمای سرد در روز ۹ اماست که به نسبت نمونه شاهد کمترین میزان کاهش وزن را داشته است، نتایج مبین این بود که استفاده از پلاسمای سرد بین ۵ الی ده درصد از کاهش وزن قارچ جلوگیری می‌نماید که با نتایج در بررسی اثر پلاسمای سرد بر میوه گوجه‌فرنگی که تأثیرگذار و معنی‌داری در سطح ۵ درصد افت وزن در طول مدت نگهداری هم‌خوانی دارد[۱۶]. ازدست‌دادن آب یکی از عوامل کاهش وزن محصولات است و آب‌گریزی سطحی نشان‌دهنده‌ی باز شدن ساختار پروتئینی همچنین دناتوره‌شدن ساختار پروتئین است در بررسی اثر پلاسمای سرد اتمسفری بر

(۱) Asprgillus spp
(۲) DNA
(۳) phytophthora Citrophtora
(۴) Escherichia Coli
(۵) candida ablicans
(۶) L. Fungicola
(۷) H_2O_2

آب‌گریزی سطحی قارچ دکمه‌ای با ایجاد خوشه‌های آب‌گریز به علت فعالیت سطحی حدود پنج برابر فعالیت کنترلی آب‌گریزی افزایش داشت که منجر به کاهش درصد افت محصول قارچ دکمه‌ای گردید[۲۳].

اثر اسیدیته

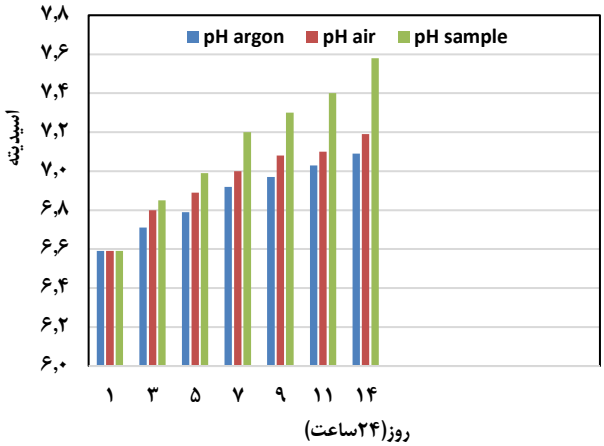
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد در طول مدت نگهداری اثر پلاسمای سرد و نوع گاز آرگون و هوا در نگهداری اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه آن‌ها تاثیر معناداری در سطح یک درصد بر تغییرات اسیدیته داشته‌اند. نتایج مقایسه‌ای میانگین‌های اثرات گازهای آرگون و هوا تحت تیمار پلاسمای سرد در افزایش ماندگاری نشان داد که گاز آرگون تأثیر معناداری در سطح یک درصد بر کنترل اسیدیته محصول داشته است، ضمناً در طول مدت نگهداری تفاوت مقادیر اسیدیته در تمامی روزها به جز روز هفتم و نهم معنی‌دار بوده است. نتایج نشان داد که افزایش مقدار اسیدیته در تمامی نمونه‌ها در انتهای پژوهش نمایان گر این مهم گردید که میزان تغییر اسیدیته در نمونه‌های بدون تیمار پلاسمای سرد تغییرات بیشتری در قیاس با نمونه‌های تحت تیمار پلاسمای سرد بوده (شکل ۶) که این نتایج مشابه نتایج ارائه شده توسط *میرسا* و *همکاران* بود[۱۷].

بافت و الاستیسیته قارچ

بافت قارچ از مهم‌ترین موارد مهم و اصلی در تعیین کیفیت قارچ صدفی است، و بر روی ساختار قارچ و میزان فعالیت آبی این محصول ارتباطی مستقیم دارد. افزایش مدت نگهداری قارچ بر روی خاصیت اسفنجی و بافت آن مؤثر است[۱۸].

مطالعات نشان داد که کاهش مدول الاستیسیته[۱] و نفوذپذیری[۲] در بافت قارچ صدفی در طول مدت ماندگاری محصول به‌صورت کاهشی است، به دلیل کاهش فعالیت آبی و پیری محصول در مدت نگهداری این مهم رخ می‌دهد که نتایج مشابه‌ای موضوع توسط پژوهش‌های دیگری نیز ارائه شده است؛ با استفاده از اتمسفر اصلاح شده به این نتیجه رسیدند که کنترل نرخ تنفس محصولات کشاورزی می‌تواند منجر به افزایش ماندگاری محصول گردد که در حفظ سفتی بافت در طول مدت ماندگاری بسیار مؤثر است.

در روز ۱۴ ام از مدت ماندگاری قارچ صدفی کمترین میزان مدول الاستیسیته تحت تیمار پلاسمای سرد آرگون و هوا به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۰۶ گیگاپاسکال[۳] و در نمونه شاهد میزان ۰/۱۲ است



شکل ۶- میزان تغییرات اسیدیته نمونه شاهد و نمونه‌های تحت تیمار پلاسمای سرد آرگون و هوا

در بررسی میزان نفوذپذیری در نمونه‌های تحت تیمار پلاسمای سرد و نمونه شاهد کمترین میزان نفوذپذیری در روز ۱۴ ام به ترتیب در آرگون و هوای تحت تیمار پلاسمای سرد ۵ نیوتن[۴] است و در نمونه‌ی شاهد ۴ نیوتن مشاهده گردید، و بهترین کیفیت ماندگاری باتوجه‌به مدول الاسیتسیته و نفوذپذیری مربوط به‌روز ۱۱ ام‌است که مدل الاستیسیته[۵] در آرگون و هوای تحت تیمار پلاسمای سرد به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۰۶ گیگاپاسکال و در نمونه‌ی شاهد ۰/۱۲ گیگاپاسکال اندازه‌گیری گردید که نمونه‌ها دارای شرایط مقبول‌تری جهت استفاده هستند(شکل های ۷ و ۸). در بررسی تأثیر پلاسمای سرد اتمسفری در گوجه گیلاسی در طول مدت ماندگاری نتایج مشابهی ارائه گردید[۱۸].

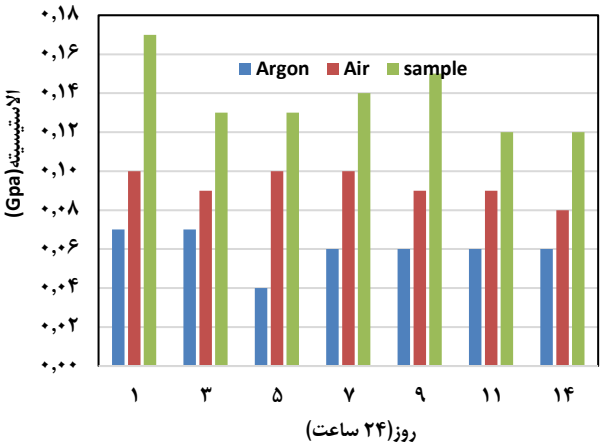
دما

کلیه مطالعات این تحقیق در دمای محیط صورت‌گرفته و تغییرات دمایی در سطح قارچ مشاهده نگردید.

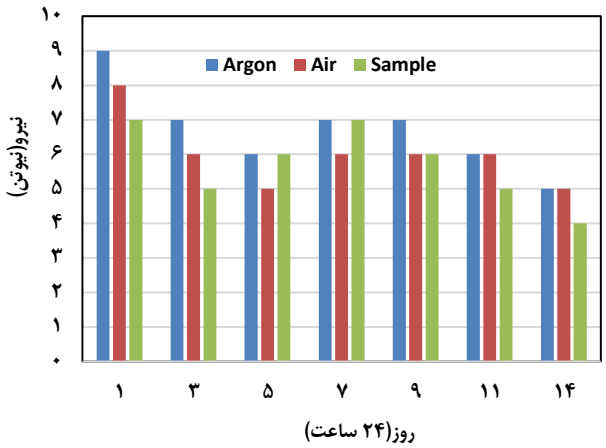
نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج ارائه شده در مطالعه قارچ صدفی تحت‌تأثیر پلاسمای سرد تیمار گازهای آرگون و هوا بر مدت ماندگاری قارچ صدفی و مطالعه‌ی اثرگذاری آن‌ها بر فعالیت میکروبی و بررسی ساختار فیزیکی آن نتایج موید کرد که مدت ماندگاری قارچ صدفی به مدت ۱۱ روز افزایش یافت؛ پلاسمای سرد منجر به لایه نشانی در سطح

(۱) Emod
(۲) Fmax
(۳) Giga Pascal
(۴) Newton
(۵) Elasticity



شکل ۷- بررسی مدول الاستیسیته نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های تحت تیمار پلاسمای سرد آرگون و هوا



شکل ۸- بررسی میزان نفوذپذیری سطح قارچ صدفی نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های تحت تیمار پلاسمای سرد آرگون و هوا

قارچ صدفی گشت و اثرات گاز تأثیر مثبتی بر کنترل شرایط سطح قارچ ایجاد نمود و نوعی از استریل بر سطح قارچ ایجاد کرد که منجر به حفظ کیفیت قارچ در طول مدت نگهداری شد، نتایج ارائه شده در این تحقیق نشان داد که در طول مدت نگهداری پلاسمای سرد می‌تواند اثر مثبت و معنی‌داری در حفظ کیفیت قارچ صدفی تا پایان مدت نگهداری آن ایجاد بنماید؛ همان گونه که انتظار می‌رفت باگذشت زمان ساختار قارچ صدفی دچار پیری می‌گردد و کیفیت آن کاهش می‌یابد که این تغییرات در سطح یک درصد معنی‌دار است. در جمع‌بندی نتایج می‌توان به این مهم اذهان داشت که اثر پلاسمای سرد آرگون و هوا با ایجاد لایه نشانی بر سطح محصول و کاهش قدرت انتقال جرم و رطوبت و انتقال گازهای ورودی و خروجی به ساختار قارچ صدفی شود، همچنین با ایجاد استریل سطحی که منجر به کاهش فعالیت میکروبی و منجر به توقف فساد میکروبی قارچ شود که این مهم منجر به افزایش ماندگاری قارچ صدفی گردید.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۹

منابع

[۱] مظلوم س.، فلاح شجاعی.، حسن ک.، میرزایی, ح.ا.، مروری بر امکان استفاده از فنّاوری پلاسمای سرد در صنعت بسته بندی، *فصلنامه علمی علوم و فنون بسته بندی*، **۱۴(۴)**: ۲۳ (۱۳۹۲)

[۲] صحبت زاده، ف.، میرزا نژاد، س.، مهدوی، ه.، بررسی پلاسمای سرد اتمسفری در فرکانس رادیویی ۱۳/۵۶ مگاهرتز. *مقاله نامه کنفرانسی فیزیک ایران، فیزیک اتمی و مولکولی*، ۱۶۳۷-۱۶۴۰ (۱۳۹۰)

[۳] بی نام، میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام، روش جامع برای شمارش کپک و مخمرها، شماره ۱۰۸۹۹-۱، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

[۴] بی نام، بی نام، کیفیت آب، شمارش میکروارگانیزم های قابل کشت-شمارش کلنی با استفاده از تلقیح در محیط کشت آگار مغذی، شماره ۵۲۷۱، سازمان ملی استاندارد ایران

[5] Mishra S.K., Shikha M., "An Analytical Investigation: Effect of Solar Wind on Lunar Photoelectron Sheath." *Physics of Plasmas* **25(2)**: 023702 (2018).

[6] Govindan S.V., Cardillo T.M., Moon S.J., Hansen H.J., Goldenberg DM. CEACAM5-Targeted Therapy of Human Colonic and Pancreatic Cancer Xenografts with Potent Labetuzumab-SN-38 Immunoconjugates. *Clinical Cancer Res earch.* **15(19)**: 6052-6061 (2009).

[7] Law AK., Hui Y.V., Zhao X., Modeling Repurchase Frequency and Customer Satisfaction for Fast Food Outlets. *International journal of quality & reliability management.* **21(5)**: 545-63 (2004).

[8] Shi T.Q., Shi T.Q., Liu G.N., Ji R.Y., Shi K., Song P., Ren L.J., Huang He., Ji XiaoJun., "CRISPR/Cas9-Based Genome Editing of the Filamentous Fungi: the State of the Art." 7435-7443 (2017).

[9] Gilany K., Mani-Varnosfaderani A., Minai-Tehrani A., Mirzajani F., Ghassempour A., Sadeghi M.R., Amini M., Rezadoost H., Untargeted Metabolomic Profiling of Seminal Plasma in Nonobstructive Azoospermia Men: A Noninvasive Detection of Spermatogenesis. Biomedical Chromatography. **31(8)**: e3931 (2017).

[10]. Ouf S.A., Basher A.H., Mohamed A.A., Inhibitory Effect of Double Atmospheric Pressure Argon Cold Plasma on Spores and Mycotoxin Production of Aspergillus Niger Contaminating Date Palm Fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **95(15)**: 3204-3210 (2015).

[11] Kader A., Importance of Fruits, Nuts, and Vegetables in Human Nutrition and Health. *Perishables handling quarterly.* **106(4)**: 6 (2001).

[12] D'Aquino S, Continella A, Gentile A, Dai S, Deng Z, Palma A. Decay Control and Quality of Individually Film-Wrapped Lemons Treated with Sodium Carbonate. *Food Control.* **108**: 106878 (2020).

[13] Law A.K., Hui Y.V., Zhao X., Modeling Repurchase Frequency and Customer Satisfaction for Fast Food Outlets. *International journal of quality & reliability management.* **21(6)**: 545-563 (2004).

[14] Nam-Trung N., Wereley S.T., Mousavi Shaegh S.A. Fundamentals and Applications of Microfluidics. Artech house, (2019).

[15] Xiao J, Huang X, Alkhers N, Alzamil H, Alzoubi S, Wu TT, Castillo DA, Campbell F, Davis J, Herzog K, Billings R. Candida Albicans and Early Childhood Caries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries research.* **52(1-2)**: 102-112 (2018).

[16] Javanmardi J, Kubota C. Variation of Lycopene, Antioxidant Activity, Total Soluble Solids and Weight Loss of Tomato During Postharvest Storage. *Postharvest biology and technology*. **41(2)**: 151-5 (2006).

[17] Misra NN, Patil S, Moiseev T, Bourke P, Mosnier JP, Keener KM, Cullen PJ. In-Package Atmospheric Pressure Cold Plasma Treatment of Strawberries. *Journal of Food Engineering*. **125**: 131-8 (2014).

[18] Rux G., Mahajan P.V., Geyer M., Linke M., Pant A., Saengerlaub S., Caleb OJ., Application of Humidity-Regulating Tray for Packaging of Mushrooms. *Postharvest Biology and Technology*. **108**: 102-10 (2015).

[19] Kader Adel., "Importance of Fruits, Nuts, and Vegetables in Human Nutrition and Health." *Perishables handling quarterly*, **106(4)**: 6 (2001).

[20] Ben-Yehoshua S., Barak E., Shapiro B., Postharvest Curing at High Temperatures Reduces Decay of Individually Sealed Lemons, Pomelos, and Other Citrus Fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. **112(4)**: 658-663 (1987).

[21] Ouf Salama A., Abdulrahman H. Basher., Abdel-Aleam H. Mohamed., "Inhibitory Effect of Double Atmospheric Pressure Argon Cold Plasma on Spores and Mycotoxin Production of Aspergillus Niger Contaminating Date Palm Fruits." *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **95(15)**: 3204-3210 (2015).

[22] Pourbagher R., Abbaspour-Fard M.H., Khomeiri M., Sohbatzadeh F., Rohani A., Effects of Gas Type and Cold Plasma Treatment Time on Lecanicillium Fungicola Spores Reduction and Changes in Qualitative, Chemical, and Physiological Characteristics of Button Mushroom During Postharvest Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*. **46(10)**: e16901 (2022).

[23] Zhu Y., Elliot M., Zheng Y., Chen J., Chen D., Deng S., Aggregation and Conformational Change of Mushroom (Agaricus Bisporus) Polyphenol Oxidase Subjected to Atmospheric Cold Plasma Treatment. *Food Chemistry*. **386**: 132707 (2022).