به‌کارگیری فناوری خلأ- بخار- خلأ (VSV) برای کاهش بار میکروبی ذرت دانه‌ای

مهدی رضایی‌فرد[۱]، مجید جوانمرد داخلی[۲*]، علی زنوزی[۳]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین، ورامین، ایران
۲. دانشیار گروه صنایع غذایی و تبدیلی، پژوهشکده فناوری‌های شیمیایی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران
۳. استادیار گروه بیوسیستم، پژوهشکده کشاورزی، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران
*نویسنده مسئول مکاتبات: javanmard@irost.ir
(دریافت مقاله:۹۶/۵/۲۱ پذیرش نهایی: ۹۷/۲/۱۵)

چکیده

ذرت از جمله مواد غذایی مغذی بوده که در انبارها نگهداری می‌شود. از مهم‌ترین معضلات نگهداری ذرت در انبارها فساد میکروبی می‌باشد، یکی از روش‌های نوین کاهش بار میکروبی مواد غذایی که در این تحقیق به آن پرداخته می‌شود کاهش بارمیکروبی با استفاده از روش خلأ- بخاردهی- خلأ می‌باشد. این روش مبتنی بر آلودگی‌زدایی با استفاده از بخار است که از ترکیب اثرات حرارتی و مکانیکی برای آلودگی‌زدایی استفاده می‌کند. طراحی آزمایش براساس فاکتوریل با طرح پایه کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مستقل در این تحقیق شامل: دمای ۱۱۵، ۱۲۰ و ۱۲۵ درجه سلسیوس، زمان بخاردهی ۱۵، ۲۰، ۲۵ ثانیه، زمان خلأ اولیه ٦۰ و ۹۰ ثانیه، زمان خلأ ثانویه ۹۰ و ۱۲۰ ثانیه و با میزان خلأ ۱ بار بودند. متغیرهای وابسته شامل: میزان بار میکروبی کل، میزان کپک و مخمر، درصد رطوبت، درصد خاکستر و متغیرهای حسی شامل رنگ، بو و پذیرش کلی بودند. نتایج نشان داد بین تیمارها بهترین آلودگی‌زدایی در دمای ۱۲۵درجه سلسیوس و خلأ اولیه ۹۰ ثانیه و زمان بخاردهی ۲۵ ثانیه وخلأ ثانویه ۱۲۰ ثانیه بود. با این تیمار میزان کاهش بار میکروبی کل از ٤ سیکل لگاریتمی و میزان کپک و مخمر از ۳/٦ سیکل لگاریتمی بود. بیشترین درصد رطوبت ذرت تیمار شده۹/۲ درصد بود که با رطوبت بحرانی ذرت در استاندارد ملی ایران (۱۳درصد) فاصله داشت. استفاده از این روش برای آلودگی‌زدایی از مواد غذایی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: خلأ- بخار- خلأ، ذرت دانه‌ای، کاهش بارمیکروبی، ویژگی‌های حسی

مقدمه

ذرت یکی از عمده‌ترین محصولات کشاورزی دنیا محسوب می‌شود. سالیانه بیش از صد میلیون هکتار از اراضی زراعی دنیا به کشت ذرت اختصاص پیدا می‌کند و بعد از گندم و برنج بزرگترین سطح کشت را به خود اختصاص می‌دهد. اهمیت محصول و بالا بودن سطح زیر کشت این گیاه به‌علت قدرت تطابق آن با شرایط گوناگون اقلیمی می‌باشد، بدین‌جهت جزو عمده‌ترین محصولات مناطق معتدله، معتدله گرم، نیمه گرم‌سیر و مرطوب به‌شمار می‌رود (Emam *et al*., 2010).

یکی از علل آلودگی غذاها وجود میکروارگانیسم‌های مضر در محیط غذایی است. میکروارگانیسم‌ها در درون غذاها تکثیر می‌شوند و باعث از بین رفتن مواد غذایی می‌شوند. غلات به‌علت داشتن پروتئین و کربوهیدرات، محیط مناسبی برای تجمع و رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌باشند. طبق گزارش سازمان خوار و بار جهانی (FAO) سلامت غذایی یکی از سه پارامتر مهم در امنیت غذایی به‌حساب می‌آید. تحقیقات نشان می‌دهد در بعضی از موارد ذرت به‌دلیل مناسب بودن شرایط رشد میکروب‌ها در مراحل کاشت، داشت، برداشت و انبارداری، دارای بار میکروبی بالا بوده و امکان آلوده شدن آن در تمامی مراحل وجود دارد. میکروارگانیسم‌ها با آلوده کردن غلات از یک سو سبب از بین رفتن ارزش غذایی و خسارات اقتصادی شده و از سویی دیگر باعث بیماری‌های بهداشتی مانند بیماری‌های مزمن و حاد اولیه و یا اثرات ثانویه مانند سرطان‌زایی، جهش ژنتیکی و مهار سیستم ایمنی می‌شوند (Karami Asbo *et al*., 2015). کپک‌های جنس آسپرژیلوس، فوزاریم، پنی‌سیلیوم مهم‌ترین گونه‌های قارچی هستند که تحت شرایط مناسب در طول ذخیره‌سازی، انتقال و مراحل تولید رشد کرده و با تولید مایکوتوکسین به‌ویژه آفلاتوکسین تأثیرات منفی زیادی بر روی دانه‌های غلات و در نتیجه سلامت مصرف‌کنندگان می‌گذارد. به‌منظور جلوگیری از آثار زیان‌بار میکروارگانیسم‌ها لازم است بار میکروبی آن‌ها کاهش پیدا کند (Paolesse *et al*., 2006).

روش‌های مختلفی جهت کاهش بار میکروبی در غلات استفاده می‌شود، از جمله این روش‌ها پرتودهی، بخاردهی، استریلیزاسیون حرارتی، استفاده از گاز اوزون، و غیره می‌باشد. یکی از فناوری‌های نوین برای آلودگی‌زدایی و کاهش بار میکروبی مواد غذایی روش خلأ- بخار- خلأ (Vacuum-Steam-Vacuum) می‌باشد (Dadkhah *et al*., 2009). این روش مبتنی بر آلودگی‌زدایی با استفاده از بخار است که از ترکیب اثرات حرارتی و مکانیکی برای آلودگی‌زدایی استفاده می‌نماید. در این روش سه مرحله اصلی وجود دارد که عبارت‌اند از: مرحله پیش از آلودگی‌زدایی، مرحله آلودگی‌زدایی و مرحله پس از آلودگی‌زدایی (Kochevar *et al*.,1997). استفاده از فرآیند خلأ- بخار- خلأ برای کاهش بار میکروبی در فرآوری مواد غذایی باعث افزایش کیفیت مواد غذایی می‌شود. طراحی خاص این فرآیند می‌تواند برای اکثر محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. هدف از این فرآیند تولید یک محصول بی‌خطر است که در آن میکروارگانیسم‌های پرخطر غذاها حذف خواهند شد (Shahidi., 2012).

یافته‌های مطالعه‌ای نشان داد که استفاده از فناوری خلأ – بخار– خلأ موجب کاهش میزان باکتری‌ها، کپک و مخمر در سوسیس می‌شود. در این تحقیق، پژوهشگران در مدت زمان بخاردهی ۷۵ ثانیه و دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس بهترین عملکرد را مشاهده کردند (Sammers *et al*., 2009). نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان داد که روش خلأ–بخار–خلأ بر کیفیت و میزان بار میکروبی گوشت خوک تأثیر دارد. این پژوهش در دمای ۱۲۰ و ۱۳۰ درجه سلسیوس و در زمان بخاردهی ۱۵، ۲۵ و ۳۰ ثانیه و خلأ ٤٠ و ۵۰ ثانیه انجام شد. یافته‌ها نشان داد که استفاده از این فناوری به شکل معنی‌داری بار میکروبی گوشت را به اندازه ۲/۵ سیکل لگاریتمی کاهش می‌دهد (Machado *el al*., 2013).

به‌کارگیری روش خلأ– بخار– خلأ تأثیر معنی‌داری بر کاهش میزان بار میکروبی آویشن شیرازی داشت. نتایج نشان داد میزان باکتری‌های مزوفیل هوازی در مدت زمان بخاردهی ۱۵، ۲۰، ۲۵ ثانیه، خلأ اولیه ۹۰ ثانیه و خلأ ثانویه ۱۲۰ و ۹۰ ثانیه در دماهای ۱۱۵، ۱۲۰، ۲۵ درجه سلسیوس ۳ سیکل لگاریتمی کاهش یافت (Rezaee *et al*., 2015).

بررسی دیگر نشان داد به‌کارگیری فناوری خلأ– بخار– خلأ در کاهش بار میکروبی لاشه گوسفند تأثیر معنی‌داری دارد، این فناوری موجب کاهش میزان باکتری *اشریشیاکلی* در حدود ۱۰ سیکل لگاریتمی شد، این نتیجه در در دمای ۸۲ درجه سلسیوس در ۱۰ ثانیه خلأ اتفاق افتاد (Hassan *et al*., 2015).

هدف از این تحقیق کاهش بار میکروبی ذرت دانه‌ای با استفاده از روش خلأ– بخار– خلأ و بررسی تأثیر این روش بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی این محصول می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده شامل مواد شیمیایی جهت اندازه‌گیری درصد پروتئین و چربی و محیط کشت پلیت کانت آگار جهت کشت توتال و محیط کشت دی کلرا ۱۸درصد گلیسرول ساخت شرکت (Merck Germany) می‌باشند.

– روش انجام آزمون

ذرت استفاده شده در این تحقیق از نوع هیبرید ٤٠٧ بوده که از شرکت نقشینه‌نگار زاگرس تهران خریداری شد. ابتدا بار میکروبی اولیه ذرت طی دو آزمون شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها طبق استاندارد ملی ایران ۵۲۷۲ و شمارش تعداد کپک و مخمر در گرم طبق استاندارد ۱۰۸۹۹ مورد بررسی قرار گرفت (ISIRI, 5272/2008 ISIRI, 10899/1992;) و پس از بررسی میزان آلودگی اولیه جهت کاهش میزان بار میکروبی به دستگاه خلأ– بخاردهی– خلأ (VSV) منتقل شد. این دستگاه توسط نویسنده مسئول مقاله در سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران ساخته شد و شامل قسمت‌های رآکتور ضدعفونی، مخزن خلأ، پمپ خلاء روتاری و مخزن تولید بخار می‌باشد (شکل ۱).

شکل (۱)- دستگاه خلأ-بخار-خلأ (VSV) مورد استفاده در تحقیق

نحوه اجرای آزمایش این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی در سه تکرار بود که فاکتورها شامل دما (سه سطح ۱۱۵، ۱۲۰، ۱۲۵ درجه سلسیوس)، خلأ ۱ بار ، زمان خلأ اولیه (دو سطح ٦٠، ۹۰ ثانیه)، خلأ ثانویه (دو سطح ۹۰، ۱۲۰ ثانیه) و زمان بخار دهی (سه سطح ۱۵، ۲۰، ۲۵ ثانیه) بودند. مقدار ده گرم از نمونه درون محفظه کوچک منفذدار استیل ریخته شده سپس به‌وسیله فویل آلومینیومی درب‌بندی شده و درون رآکتور ضدعفونی قرار داده شد. با توجه به نمونه مورد نظر و میزان آلودگی آن دمای بخار و دمای محفظه رآکتور ضدعفونی تنظیم می شد. سپس نمونه در محفظه تیماردهی قرار داده شده و درب آن به‌درستی چفت می‌گردید تا از خروج بخار جلوگیری و خلأ مناسب ایجاد شود. روند تیماردهی به این صورت بود که ابتدا طی زمان تعیین شده یک مرحله خلأ اولیه ایجاد شد، سپس خلأ اولیه متوقف و باتوجه به زمان مورد نظر بخاردهی صورت گرفت، بعد از اتمام زمان بخاردهی و توقف آن خلأ ثانویه اعمال شد. این عمل بسته به نوع تیمار حدود ۹۰ تا ۱۲۰ ثانیه به طول انجامید.

- آزمون‌های میکروبی

- شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها

جهت انجام این آزمون از استاندارد ملی ایران به شماره ۵۲۷۲ نسبت به تهیه سریال رقت ده دهی اقدام گردید (ISIRI, 5272/2008).

- اندازه‌گیری میزان کپک و مخمر

پس از آماده کردن وسایل و استریل کردن آن‌ها در اتوکلاو و تهیه سوسپانسیون زیر هود میکروبی یک سی‌سی از رقت 10^{-1} به‌دست آمده از سوپانسیون مورد نظر در پلیت پلاستیکی یک‌بار مصرف ریخته شده سپس به آن ۲۰-۱۵ میلی‌گرم محیط کشت دی کلران ۱۸ درصد گلیسرول آگار اضافه گردید و به‌صورت پورپلیت کشت و پلیت‌ها به‌صورت وارونه در گرم‌خانه ۱±۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شد و پس از ۷-۵ روز کلونی‌های رشد کرده شمارش و در عکس ضریب رقت ضرب گردید تا تعداد کپک و مخمر در هر گرم نمونه به‌دست آید (ISIRI, 10899/1992).

- آزمون‌های شیمیایی

آزمون‌های شیمیایی شامل اندازه‌گیری درصد رطوبت و اندازه‌گیری درصد خاکستر می‌باشند. اندازه‌گیری رطوبت طبق استاندارد ملی ایران شماره ۲۷۰۵ (ISIRI, 2705/1992) و اندازه‌گیری درصد خاکستر کل طبق

استاندارد ملی ایران شماره ۳۳۲ انجام شد (ISIRI, 332/1996).

- ارزیابی حسی

در این تحقیق ویژگی‌های حسی نظیر رنگ، بو و پذیرش کلی به‌روش هدونیک ۵ نقطه‌ای توسط ۱۰ نفر از پرسنل آزمایشگاه فناوری‌های پس از تولید مورد بررسی قرار گرفت. افراد به‌وسیله مشخص کردن اعداد ۱ تا ۵ نظر خود را اعلام کردند به طوری‌که عدد ۵ به‌منزله عالی و عدد ۱ به‌منزله خیلی ضعیف، از نظر نمونه تیمار شده نسبت به نمونه شاهد بود (ISIRI, 6933/2003).

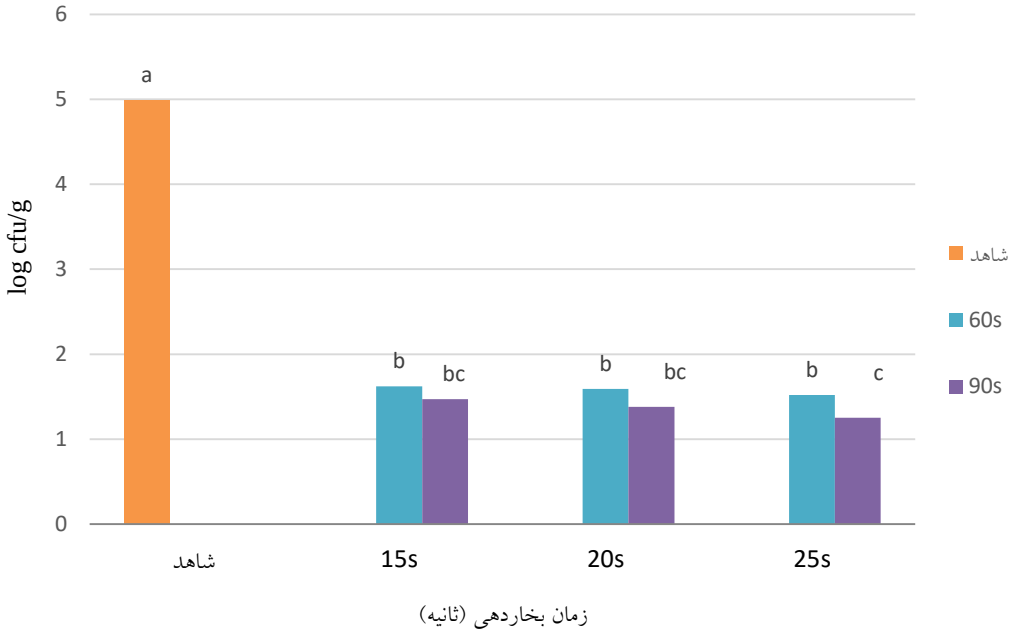
- تجزیه و تحلیل داده‌ها

این تحقیق در قالب فاکتوریل در سه تکرار انجام شده است. تجزیه و تحلیل آماری به‌روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA Way-One) صورت گرفته است. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد. میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال خطای ۵ درصد انجام و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت. تعداد کل تیمارها به‌همراه نمونه شاهد ٤٢ عدد در ۳ تکرار بود که میانگین داده‌ها به‌عنوان نتیجه اعلام شد. متغیرهای مستقل عبارت بودند از: دماهای ۱۱۵، ۱۲۰، ۱۲۵ درجه سلسیوس و زمان خلأ اولیه ٦٠، ۹۰ ثانیه و خلأ ثانویه ۹۰، ۱۲۰ ثانیه در زمان بخاردهی ۱۵، ۲۰، ۲۵ ثانیه و متغیرهای وابسته عبارت بودند از: کاهش میزان بارمیکروبی، اندازه‌گیری کپک و مخمر، اندازه‌گیری درصد رطوبت، اندازه‌گیری درصد خاکستر که مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها

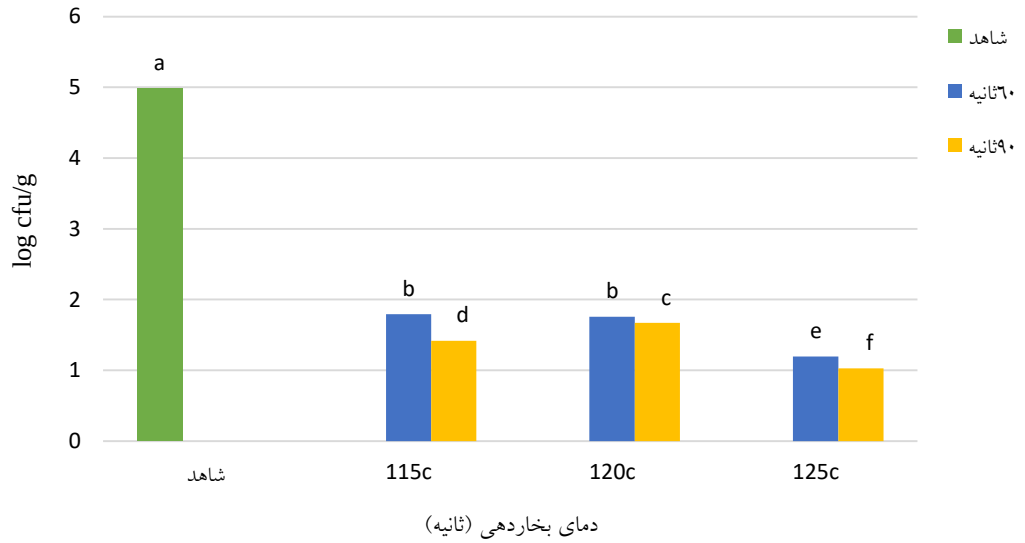
- نتایج آزمون‌های میکروبی

در نمودار (۱) تأثیر دمای بخاردهی بر میزان بار میکروبی کل نمونه‌ها در دو زمان ٦٠ و ۹۰ ثانیه براساس خلأ اولیه و دمای رآکتور نشان داده شده است و مشاهده می‌شود که همه تیمارها اختلاف معنی‌داری را با نمونه شاهد دارند (P<۰/۰۵). در این بین کم‌ترین بارمیکروبی کل در زمان ۹۰ ثانیه خلأ و دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس بخاردهی در حدود ۰/۹ سیکل لگاریتمی و بیشترین میزان بارمیکروبی مربوط به نمونه شاهد در حدود ٤/۹ می‌باشد و مشاهده می‌شود که خلأ اولیه در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس باعث کاهش ٤ سیکل لگاریتمی بارمیکروبی کل می‌شود.



نمودار (۱)- نمودار مقایسه میانگین بار میکروبی کل نمونه‌ها بر اساس زمان خلأ اولیه (۶۰ و ۹۰ ثانیه) و زمان بخاردهی.
a، b و c: تفاوت بین تیمارهای دارای حروف متفاوت در هرکدام از زمان‌های مختلف بخاردهی معنی‌دار می‌باشد (p< ۰/۰۵).

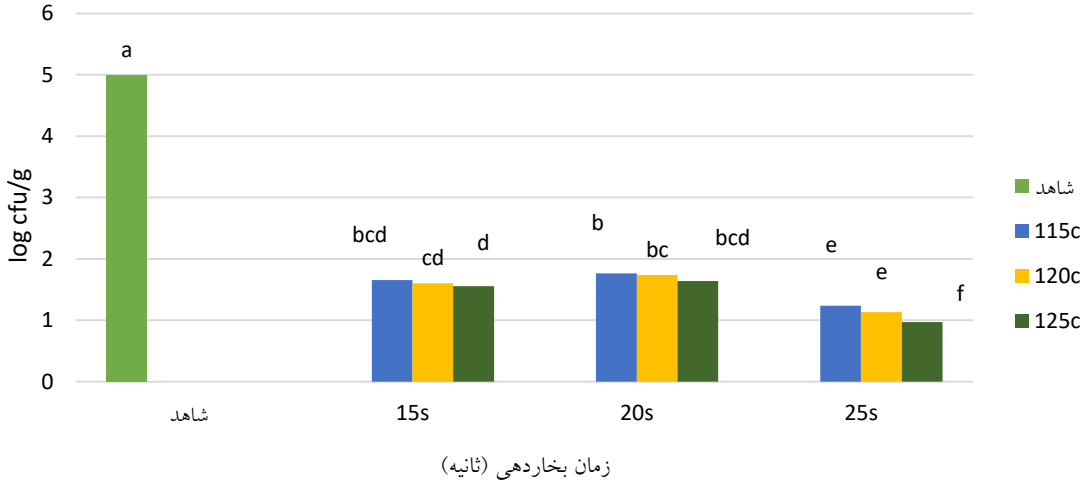
نمودار (۲) مقایسه میانگین بار میکروبی کل نمونه‌ها بر اساس زمان خلأ اولیه و دمای رآکتور را نشان می‌دهد توجه به نمودار (۲) مشاهده می‌شود که تیمارها اختلاف زیادی با نمونه شاهد داشتند، در بین تیمارها نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰۵)، که کم‌ترین میزان بار میکروبی کل در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس و در زمان ۲۵ ثانیه بخاردهی (میانگین f) و بیش‌ترین میزان بارمیکروبی کل بین تیمارها در دمای ۱۱۵ درجه سلسیوس و در زمان بخاردهی ۱۵ و ۲۰ ثانیه به‌دست آمد و نیز بیشترین میزان بار میکروبی مربوط به نمونه شاهد به‌میزان ٤/۹ سیکل لگاریتمی بود. با توجه به نمودار (۲) تیمار بخار در دمای بالا موجب کاهش میزان بارمیکروبی کل می‌شود (نمودار ۲).



نمودار (۲)- نمودار مقایسه میانگین بار میکروبی کل نمونه‌ها بر اساس زمان خلأ اولیه و دمای راکتور.

a، b، c، d، e و f: تفاوت بین تیمارهای دارای حروف متفاوت در هرکدام از دماهای مختلف بخاردهی معنی‌دار می‌باشد (p<۰/۰۵).

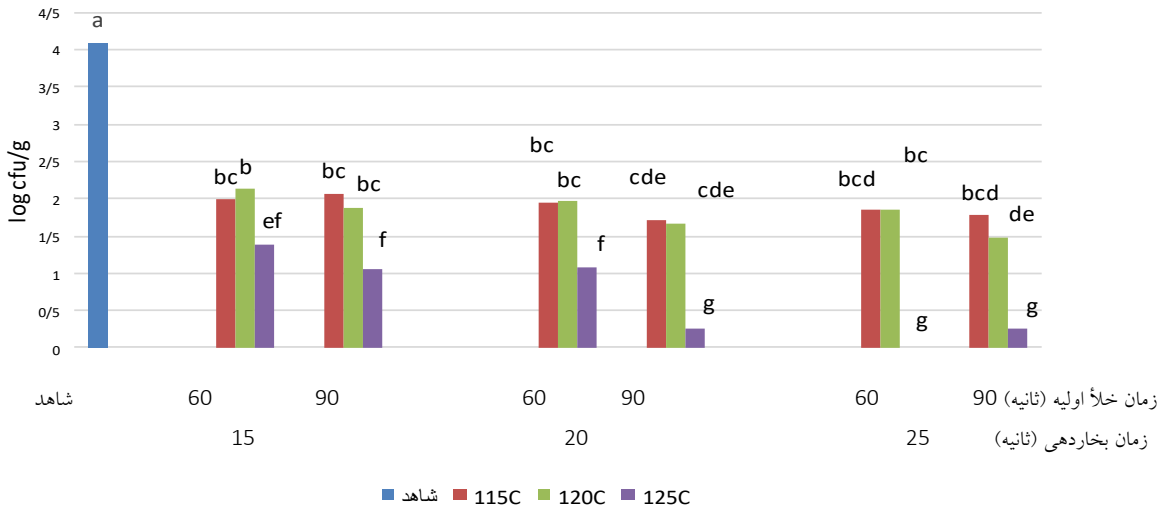
نمودار (۳) نیز مقایسه میانگین بار میکروبی کل نمونه‌ها را بر اساس زمان بخاردهی و دمای راکتور را نشان می‌دهد همان‌گونه که مشاهده می‌شود بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد وجود داشت (۰/۰۵ >P) به‌طوری که بالاترین بار میکروبی مربوط به نمونه شاهد و کم‌ترین بار میکروبی مربوط به میانگین f در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس و زمان بخاردهی ۲۵ ثانیه می‌باشد (نمودار ۳).



نمودار (۳)- نمودار مقایسه میانگین بار میکروبی کل نمونه‌ها براساس زمان بخاردهی و دمای راکتور.

a، b، c، d، e و f: تفاوت بین تیمارهای دارای حروف متفاوت در هرکدام از زمان‌های مختلف بخاردهی معنی‌دار می‌باشد (p<۰/۰۵).

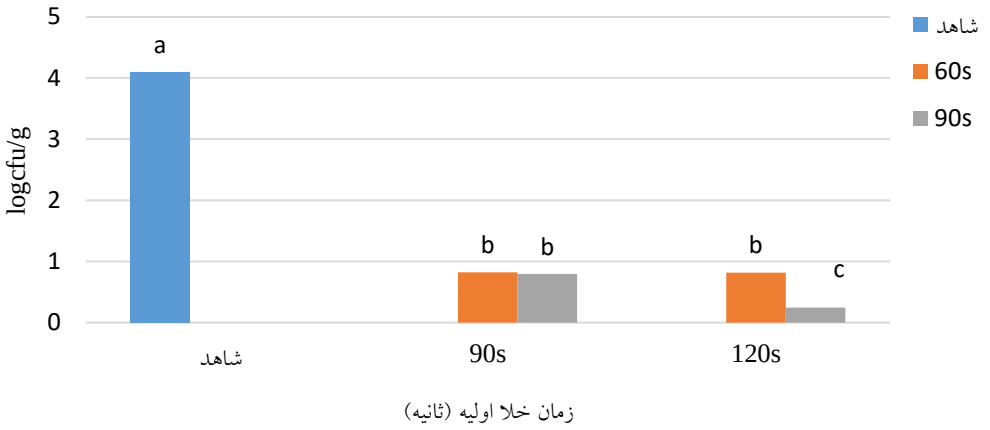
با توجه به نمودار (٤) مقایسه میانگین میزان کپک و مخمر نمونه‌ها بر اساس دمای راکتور، زمان بخاردهی و زمان خلأ اولیه تیمارها اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نشان دادند (P<۰/۰۵) که کم‌ترین میزان کپک و مخمر نمونه‌ها در زمان ٦۰ ثانیه خلأ اولیه و ۲۵ ثانیه بخاردهی در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد، نتایج حاصل نشان می‌دهد، اثر متقابل زمان بخاردهی و خلأ اولیه در دمای بالا موجب کاهش میزان کپک و مخمر می‌شود (نمودار ٤).



نمودار (٤)– نمودار مقایسه میانگین مقدار کپک و مخمر نمونه‌ها بر اساس دمای راکتور، زمان بخاردهی و زمان خلأ اولیه.

a، b، c، d، e، f و g: تفاوت بین تیمارهای دارای حروف متفاوت در هرکدام از زمان‌های مختلف خلأ اولیه و ثانویه و دماهای بخاردهی معنی‌دار می‌باشد (p<۰/۰۵).

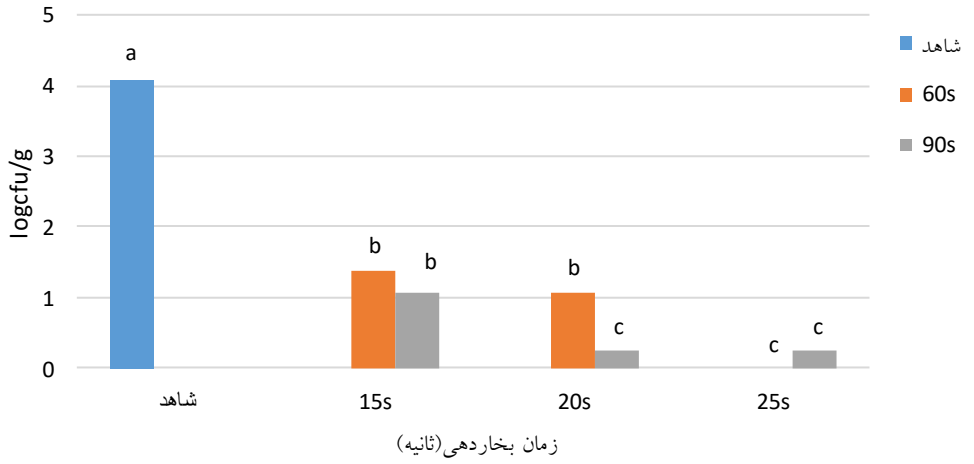
با توجه به نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین مقدار کپک و مخمر نمونه‌ها بر اساس زمان خلأ اولیه و خلأ ثانویه در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس نمودار (۵)، تیمارها اختلاف زیادی با نمونه شاهد داشتند، که کم‌ترین مقدار کپک و مخمر نمونه در تیمار ۱۲۵ درجه سلسیوس در زمان ۹۰ ثانیه خلأ اولیه و۱۲۰ ثانیه خلأ ثانویه به‌دست آمد و نیز بیش‌ترین میزان آن در تیمار شاهد بود، با توجه به نمودار (۵) اثر متقابل خلأ اولیه و خلأ ثانویه موجب کاهش مقدار کپک و مخمر می‌شود (نمودار ۵).



نمودار (۵)- نمودار مقایسه میانگین مقدار کپک و مخمر نمونه‌ها بر اساس زمان خلأ اولیه و خلأ ثانویه در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس.

a، b و c: تفاوت بین تیمارهای دارای حروف متفاوت در هرکدام از زمان‌های خلأ اولیه معنی‌دار می باشد ($p<۰/۰۵$).

بر اساس نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین مقدار کپک و مخمر نمونه‌ها براساس زمان بخاردهی و خلأ اولیه در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس نمودار (٦)، اثر متقابل خلأ اولیه و زمان بخاردهی موجب کاهش مقدار کپک و مخمر می‌شود. تیمارها اختلاف زیادی با نمونه شاهد داشتند که کمترین مقدار کپک و مخمر در اثر متقابل تیمار ۲۵ ثانیه بخاردهی و ٦۰ ثانیه خلأ اولیه به‌دست آمد و نیز بیشترین میزان آن در نمونه شاهد بود (نمودار ٦).



نمودار (٦)- نمودار مقایسه میانگین مقدار کپک و مخمر نمونه‌ها بر اساس زمان بخاردهی و خلأ اولیه در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس.

a، b و c: تفاوت بین تیمارهای دارای حروف متفاوت در هرکدام از زمان‌های مختلف بخاردهی معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

- آزمون شیمیایی

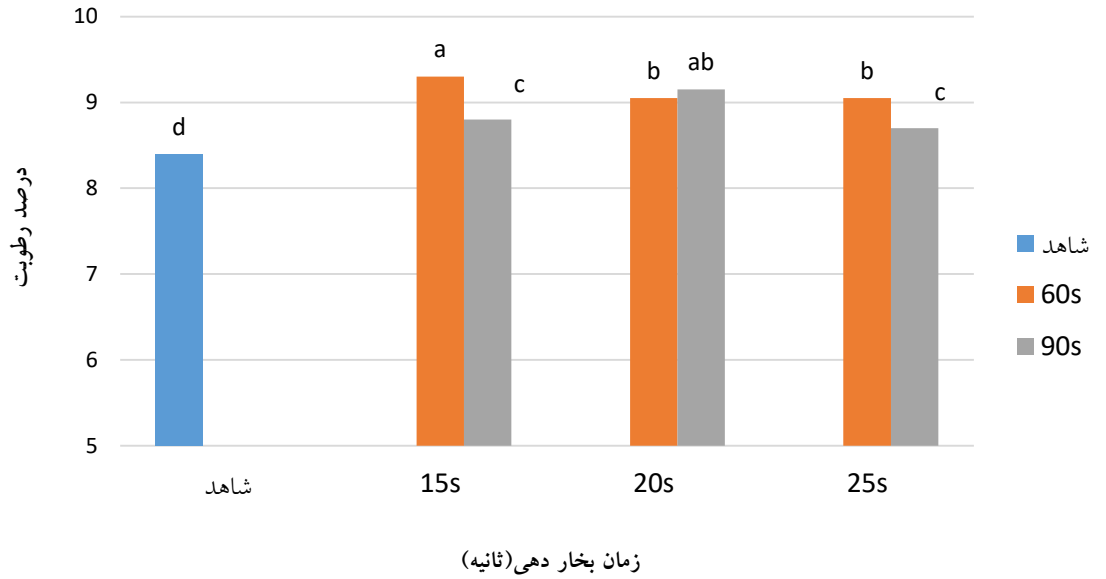
با توجه به نتایج جدول (۱) تجزیه واریانس میزان رطوبت جدول (۱)، اثر تیمارهای مختلف دما، خلأ اولیه، وخلأ ثانویه، زمان بخاردهی و اثر متقابل آن‌ها بر روی میزان رطوبت مشاهده می‌شود که اثر خلأ اولیه، زمان بخاردهی و اثر متقابل خلأ اولیه × زمان بخاردهی و زمان بخاردهی × خلأ ثانویه بر روی میزان رطوبت تأثیر معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۱). هم‌چنین جدول تجزیه واریانس نشان داد، خلأ ثانویه در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر روی میزان رطوبت نشان داد (P<۰/۰۵).

جدول۱)- تجزیه واریانس میزان رطوبت

شاخص	درجه آزادی	میانگین مربعات	P
خلأ اولیه	۱	۰/۳۷۵**	۰/۰۰۰
زمان بخاردهی	۲	۰/۱۱۲**	۰/۰۰۳
خلأ ثانویه	۱	۰/۰۸۲ *	۰/۰۲۳
خلأ اولیه * زمان بخاردهی	۲	۰/۱۹۵ **	۰/۰۰۰
خلأ اولیه * خلأ ثانویه	۱	۰/۰٤۲ n.s	۰/۰۸۹
زمان بخاردهی * خلأ ثانویه	۲	۰/۲۰۲ **	۰/۰۰۰
خلا اولیه * زمان بخاردهی* خلأ ثانویه	۲	۰/۰۳۲ n.s	۰/۱۱٤
خطا	۲۳	۰/۰۱۲	
کل	۳٦		

n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌دار،*: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ،**: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

با توجه به نمودار مقایسه میانگین درصد رطوبت نمونه‌ها بر اساس زمان بخاردهی و زمان خلأ اولیه در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس تیمارها اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد داشتند که بیشترین میزان رطوبت در نمونه‌ها در تیمار زمان ٦۰ ثانیه خلأ و در زمان ۱۵ ثانیه بخاردهی در حدود ۹/۲ درصد به‌دست آمد، هم‌چنین کم‌ترین میزان رطوبت نمونه شاهد مشاهده شد (نمودار ۷).



نمودار (۷)- نمودار مقایسه میانگین درصد رطوبت نمونه‌ها بر اساس زمان بخاردهی و زمان خلأ اولیه در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس. a، b و c: تفاوت بین تیمارهای دارای حروف متفاوت در هرکدام از زمان‌های مختلف بخاردهی معنی‌دار می‌باشد (p< ۰/۰۵).

نتایج حاصل نشان داد که مقدار درصد خاکستر در تمام نمونه‌ها ثابت بوده و تیمارها تأثیر معنی‌داری بر میزان درصد خاکستر ندارند.

- آزمون حسی

نتایج حاصل نشان می‌دهد اثر خلأ اولیه، زمان بخاردهی، خلأ ثانویه و اثر متقابل خلأ اولیه × زمان بخاردهی، خلأ اولیه × خلأ ثانویه، زمان بخاردهی × خلأ ثانویه و خلأ اولیه × زمان بخاردهی × خلأ ثانویه تأثیر معنی‌داری بر روی رنگ نمونه ندارد و رنگ نمونه ثابت بود (جدول۲).

جدول(۲)- تجزیه واریانس ارزیابی رنگ

شاخص	درجه آزادی	میانگین مربعات	P
خلأ اولیه	۱	۰/۲۵۰ n.s	۰/۵۲۲
زمان بخاردهی	۲	۰/٦۹٤ n.s	۰/۳۲۱
خلأ ثانویه	۱	۰/٤٦۲ n.s	۰/۱۲۸
خلأ اولیه * بخار	۲	۰/۵۸۳ n.s	۰/۳۸٤
خلأ اولیه * خلأ ثانویه	۱	۰/۰۲۸ n.s	۰/۸۳۱
زمان بخاردهی * خلأ ثانویه	۲	۰/۵۲۸ n.s	۰/٤۲۱
خلأ اولیه * زمان بخاردهی * خلأ ثانویه	۲	۰/۸٦۱ n.s	۰/۲٤۵
خطا	۲۳	۰/٦۰٦	
کل	۳٦		

n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

اثر خلأ اولیه، زمان بخاردهی، خلأ ثانویه و اثر متقابل خلأ اولیه × زمان بخاردهی، خلأ اولیه × خلأ ثانویه، زمان بخاردهی × خلأ ثانویه و خلأ اولیه × زمان بخاردهی × خلأ ثانویه تأثیر معنی‌داری بر روی بو ندارد (جدول ۳).

جدول (۳) تجزیه واریانس ارزیابی بو

شاخص	درجه آزادی	میانگین مربعات	P
خلأ اولیه	۱	۰/۳٦۱ n.s	۰/٤۹۷
زمان بخاردهی	۲	۰/۱۱۷ n.s	۰/۸۱٤
خلأ ثانویه	۱	۰/۰۲۸ n.s	۰/۸۲۱
خلأ اولیه * زمان بخاردهی	۲	۰/۳۳۳ n.s	۰/٥٤۰
خلأ اولیه * خلأ ثانویه	۱	۰/۲٥۰ n.s	۰/٤۹۷
زمان بخاردهی * خلأ ثانویه	۲	۰/۷۷۸ n.s	۰/۲۳۹
خلأ اولیه * زمان بخاردهی * خلأ ثانویه	۲	۰/۰۰۰ n.s	۱/۰۰۰
خطا	۲۳	۰/٥۳۸	
کل	۳٦		

n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

نتایج حاصل نشان می‌دهد اثر خلأ اولیه، زمان بخاردهی، خلأ ثانویه و اثر متقابل خلأ اولیه × زمان بخاردهی، خلأ اولیه × خلأ ثانویه، زمان بخاردهی × خلأ ثانویه و خلأ اولیه × زمان بخاردهی × خلأ ثانویه تأثیر معنی‌داری بر روی رنگ ندارد، هم‌چنین نتایج حاصل نشان می‌دهد استفاده از روش خلأ- بخاردهی- خلأ تأثیری بر روی پذیرش کلی نمونه‌ها ندارد (جدول ٤).

جدول (٤) تجزیه واریانس ارزیابی پذیرش کلی.

شاخص	درجه آزادی	میانگین مربعات	P
خلأ اولیه	۱	۰/۹۸۲ n.s	۰/۱۲٦
زمان بخاردهی	۲	۰/۰۲۸ n.s	۰/۹۳٦
خلأ ثانویه	۱	۰/٤۷٤ n.s	۰/۳۰٦
خلأ اولیه * زمان بخاردهی	۲	۰/۹۳۸ n.s	۰/۰۸۸
خلأ اولیه * خلأ ثانویه	۱	۰/۱۷۰ n.s	۰/٦۰۹
زمان بخاردهی * خلأ ثانویه	۲	۰/۳٦۱ n.s	۰/٤۲۷
خلأ اولیه * زمان بخاردهی * خلأ ثانویه	۲	۰/٥۲۸ n.s	۰/۲۸۹
خطا	۲۳	۰/٤۲۲	
کل	۳٦		

n.s: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق مشخص شد که کم‌ترین بار میکروبی کل در زمان ۹۰ ثانیه خلأ و دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس بخاردهی به‌مدت ۲۵ ثانیه در حدود ۰/۹ سیکل لگاریتمی و بیش‌ترین میزان بارمیکروبی مربوط به نمونه شاهد در حدود ٤/۹ می‌باشد و مشاهده می‌شود که خلأ اولیه در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس باعث کاهش ٤ سیکل لگاریتمی بار میکروبی کل می‌شود. در همین حال کم‌ترین میزان کپک و مخمر نمونه‌ها در زمان ٦۰ ثانیه خلأ اولیه و ۲۵ ثانیه بخاردهی در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد. نتایج آزمون‌های شیمیایی نشان داد که تیماردهی با این شرایط تأثیر معنی‌داری بر افزایش میزان رطوبت نمونه‌ها و هم‌چنین محتوی چربی، پروتئین و خاکستر کل نمونه‌ها ندارد. روش خلأ- بخار- خلأ باعث افزایش میزان درصد رطوبت به میزان ناچیزی در نمونه‌ها شد (۰/۸ درصد). بیش‌ترین درصد رطوبت نمونه‌ها در دمای ۱۲۵ درجه سلسیوس، خلأ ٦۰ ثانیه و زمان بخاردهی ۱۵ ثانیه ارزیابی شد که در حدود ۹/۲ درصد بود. کم‌ترین میزان رطوبت در نمونه شاهد حدود ۸/٤ درصد بود. استفاده از روش خلأ- بخار- خلأ بر روی رنگ و بوی ذرت تأثیر معنی‌داری را نشان نداد. درخصوص ویژگی‌های حسی نیز اختلاف معنی‌داری در شرایط دمایی و زمان فوق بین نمونه‌های تیمار و شاهد از نظر رنگ، بو و پذیرش کلی وجود نداشت.

یافته‌های مطالعه‌ای نشان داد که استفاده از فناوری خلأ- بخار- خلأ موجب کاهش باکتری‌ها از روی سطح میوه‌ها و سبزیجات می‌شود. بر اساس این پژوهش بهترین دما برای ضدعفونی انواع سبزیجات ۱۳۸ تا ۱٤۸ درجه سلسیوس به‌مدت زمان ۱۰ تا ۲۰ ثانیه برای خلأ اولیه و ۱۰ تا ۳۰ ثانیه برای خلأ ثانویه می‌باشد (Kozempel *et al.*, 2002).

استفاده از فناوری خلأ- بخار- خلأ برای کاهش میزان آلودگی فلفل قرمز خشک شده تأثیر معنی‌داری بر آلودگی‌زدایی آن داشت. این تحقیق در بازه زمانی ۱۱۵، ۱۲۰ و ۱۲۵ درجه سلسیوس انجام شد. در این بررسی از خلأ اولیه ٦۰ و ۹۰ ثانیه و خلأ ثانویه ۹۰ و ۱۲۰ ثانیه و زمان بخاردهی ۱۵، ۲۰ و ۲۵ ثانیه استفاده شد. نتایج نشان داد که میزان بار میکروبی کل به‌اندازه ۷ سیکل لگاریتمی در مدت زمان بخاردهی ۲۰ ثانیه کاهش یافته و بهترین نتیجه در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به‌دست آمد (Rezaee *et al.*, 2015). بررسی دیگری با استفاده از فناوری خلأ- بخار- خلأ برای کاهش بارمیکروبی و کپک و مخمر از سطح گیلاس انجام شد، نتایج نشان داد خلأ موجب کاهش بار میکروبی و مخمر از سطح گیلاس به میزان ۵ سیکل لگاریتمی و هم‌چنین حفظ کیفیت گیلاس شده است و بهترین عملکرد در ۲۰ ثانیه خلأ در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به‌دست آمد (He *et al.*, 2013).

استفاده از فناوری خلأ- بخار برای کاهش بار میکروبی کدو تأثیر معنی‌داری بر روی بار میکروبی اولیه کدو داشت و بار میکروبی آن را ٤ سیکل لگاریتمی کاهش داد. نتایج نشان داد، این فناوری باعث افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت و کاهش رطوبت می‌شود و بهترین نتیجه در دما ۷۰ درجه سلسیوس و فشار ۵ پاسکال به‌دست آمد (Pinedo *et al.*, 2015).

یافته‌های مطالعه‌ای دیگر نشان داد که استفاده از روش خلأ- بخار- خلأ در دماهای ۱۱۵، ۱۲۰ و ۱۲۵

درجه سلسیوس برای کاهش میزان آلودگی فلفل قرمز و آویشن اثری بر روی خاکستر محصول نـدارد (Rezaee *et al.*, 2015).

بررسی‌ها نشان داد که کاربرد روش خلأ- بخـاردهی در خشک کردن سبزیجات تأثیر معنـی‌داری بـر کیفیـت سبزیجات ندارد. ایـن روش در۵۰ ثانیـه خـلأ در دمـای ۱۳۰ درجه سلسیوس اعمال شد، یافته‌هـا نشـان داد کـه روش خلأ- بخار- خلأ تأثیر معنی‌داری بر روی رنگ و بو سبزیجات نداشته و باعث حفظ کیفیت در سبزیجات شده است (Rezaee *et al.*, 2015).

به‌عنوان شـرایط بهینـه بـرای آلـودگی‌زدایـی از ذرت زمان خلأ اولیه به‌مدت ۹۰ ثانیه به‌همراه زمان بخـاردهی ۲۵ ثانیه با حرارت ۱۲۵ درجه سلسیوس بهتـرین نتیجـه بدون تأثیر سوء بـر ویژگـی‌هـای فیزیکـی، شـیمیایی و ارگانولپتیک دانه ذرت ایجاد نمود. در نهایـت مـی‌تـوان نتیجه گرفت استفاده از فناوری خـلأ / بخـاردهی/ خـلأ به‌عنوان فناوری حرارتی برای آلودگی‌زدایـی از یکـی از مهم‌ترین غلات می‌تواند با کاهش بار میکروبی کل و بار قارچی و مخمری آن علاوه بـر تـأمین ایمنـی میکروبـی فلور موجود در سطح این مـاده غـذایی کـم‌تـرین تـأثیر نامطلوب را بر ویژگی‌های شیمیایی و حسـی آن داشـته باشد. کاهش ٤ سیکل لگاریتمی در بار میکروبی کل این ماده غـذایی بـدون تـأثیر معنـی‌دار بـر میـزان رطوبـت، خاکستر و محتوی پـروتئین نویـدبخش توانمنـدی ایـن فنـاوری بـه‌عنـوان روشـی سـاده، ارزان و کـارا بـرای آلودگی‌زدایی از غلات، حبوبـات، بقـولات و خشـکبار خواهد بود. امید است در آینده با انجام تحقیقات بیشـتر بر روی مقایسه اقتصادی این فناوری با روش‌های دیگـر آلودگی‌زدایی و هم‌چنین بررسی میزان مصرف انـرژی و تأثیر روش بر میزان توانـایی آن در جلـوگیری از تولیـد سموم قارچی بدون تأثیر سوء بر ویژگی‌هـای تغذیـه‌ای مـواد تحـت تیمـار بـا آن، گـام‌هـای بعـدی بـرای تجاری‌سازی و استفاده در مقیاس صنعتی از این فناوری فراهم گردد.

بـا عنایـت بـه یافتـه‌هـای بررسـی حاضـر و سـایر تحقیقات انجـام شـده بـا ایـن فنـاوری بـر سـایر انـواع محصـولات غـذایی و کشـاورزی و هـم‌چنـین تمایـل مصرف‌کننـدگان بـه مصـرف غـذاهای سـالم و طبیعـی، به‌کارگیری فناوری‌های سالم نظیر این روش برای تولیـد غـذاهای بـدون افزودنـی یـا بـا افزودنـی کـم و بـرای آلودگی‌زدایی از مواد غذایی مختلف پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان در خاتمه از سازمان پژوهش‌های علمـی و صنعتی ایران به‌خاطر همکاری در اجرای ایـن تحقیـق کمال تشکر و قدردانی را دارند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعـارض منـافعی بـرای اعـلام ندارند.

منابع

- Dadkhah, A. Khalfi, H. and Rajaee. R .(2009). Effects of gamma radiation on microbial load and effective compound caraway. Journal of Science and Technology, 49(3): 55-63. [In Persian]
- Emam, E. (2010). Agriculture Grain (3rd edition). Shiraz University Press, 44-63. [In Persian]
- Haoyu, J., Hongwei, X., Xiaoming, F. and Yanhong, L. (2015). Design and experiment of vacuum-steam pulsed blancher for fruits and vegetables. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 31(12): 230-238.
- Hassan, A., Skjerve, E., Bergh, C. and Nesbakken, T. (2015). Microbial effect of steam vacuum pasteurization implemented after slaughtering and dressing of sheep and lamb. Meat Science, 99: 32–37.
- He, S.Y., Zhang, G.C., Yu, Y.Q. and Li, R.G. (2013). Effects of vacuum cooling on the enzymatic antioxidant system of cherry and inhibition of surface-borne pathogens. International Journal of Refrigeration, 36(2): 2387–2394.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI) (1992). Grain moisture content. Number specifications. ISIRI, No. 2705. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI) (1992). Measuring the amount of mold and yeast in grams. Number specifications. ISIRI, No. 10899 [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI) (1996). Measuring ash in corn. Number specifications. ISIRI, No. 332. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI) (2000). Total count of microorganisms. Number specifications. ISIRI, No. 5272 [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIRI) (2003). Sensory evaluation. Number specifications. ISIRI, No. 6933 [In Persian]
- Karami Asbo, R. Aboalfathi. M. (2015). Reducing Aflatoxin in corn. Iranian Plant Protection Research Institute. [In Persian]
- Kochevar, S.L., Sofos, J.N., Bolin, R.R., Reagan decontaminate, J.O., and Smith, G.C. (1997). Steam vacuuming as a pre-evisceration intervention to beef carcasses. Journal of Food Protection, 60 (2): 107-113.
- Kozempel, M., Radewonak, R., Scullen, J.O. and Goldbory, N. (2002). Application of the vacuum-steam-vacuum surface intervention process to reduce bacteria on the surface of fruits and vegetables. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3: 63-72.
- Machado, A. and Carvaliho, F. (2013). Microbiological and physical and chemical pernis pigs treated evaluation with organic acid and or steam in control surface for contamination *Salmonella Typhimurium*. Journal Food Microbiology, 14: 345-351.
- Paolesse. R, A. Alimelli., E. Martinelli and Di Natale. C. (2006). Detection of fungal contamination of cereal grain samples by an electronic nose. Science direct, 119 (2):425–430.
- Pinedo, A. A. and Murr, F.E.X. (2006). Kinetics of vacuum drying of pumpkin *(Cucurbita maxima)*: Modeling with shrinkage. Journal of Food Engineering. 76(4):562-567.
- Rezaei, Z. Javanmard, M. Zenouzi, A. (2015). Reduce the microbial load of spice vacuum-steam-vacuum method pepper red and thyme. Master's thesis, Islamic Azad University of Pharmaceutical Sciences, 18-23.[In Persian]
- Shahedi, M. (2012). Use a vacuum in food processing. Iranian student’s News Agency. Khorasan region. [In Persian]
- Sommers, C.H. and Geveke, s. (2009). Inactivation of *Listeria innocua* on Frankfurters by Ultraviolet Light and Flash Pasteurization. Journal of Food Science, 74(3): 138-141.

Application of vacuum-steam-vacuum (VSV) technology for corn decontamination

Rezaei Fard, M.[1], Javanmard Dakheli, M.[2*], Zenouzi, A.[3]

1. MSc. Graduate Student, Department of Food Science, Islamic Azad University Varamin Branch, Varamin- Iran
2. Associate Professor, Food Technologies Group, Chemical Technologies Department, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Department of Agriculture, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran

[*]Corresponding author Email: Javanmard@irost.ir
(Received: 2017/8/12 Accepted: 2018/5/5)

Abstract

Corn is a nutritious food which is stored in ensilage. Bacterial contamination is the most important problem in a storage condition. Vacuum-Steam-Vacuum (VSV) Technology is a safe technique for microbial decontamination of food. In this method the decontaminating was conducted by steam which affects microbial population both thermally and mechanically. Statistical Analysis was carried out based on full factorial designs that repeated three times in the form of a random plan. Independent variables in this research were temperature (115, 120, 125 °C), steaming time (15, 20, 25 seconds) and initaial vacuum duration (60, 90 and 120). Dependent variables were total bacterial load, total molds and yeast, moisture content, ash, sensory attributes (color, smell and overall acceptability). The results showed that the best bacterial decontamination was carried out in the following condition: treatment temperature 125 °C, the first vacuum time 90 s, steaming time 25 s and the second vacuum time of 120 s. In this condition, a decontamination rate of 4 log CFU/g for the total bacterial count and 3.6 log CFU/g reduction in total mold and yeast was achieved. In treated samples the highest percentage of moisture was estimated at 9.2% which was lower than national standards (13%). This technology can be adviced as an applicable technique for food decontamination.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Corn, VSV, Microbial decontamination, Sensory attributes