



مقایسه اثرات عصاره‌های فلفل قرمز، سیاه و دلمه‌ای بر میزان تولید آفلاتوکسین، عدد پراکسید و ویژگی‌های حسی در پسته

مریم خاموشی^۱، محمدرضا خانی^{۲*}، عبدالله قاسمی پیربلوطی^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- استاد مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۱

کلمات کلیدی:

پسته،

آفلاتوکسین،

عدد پراکسید،

عصاره‌های فلفل قرمز،

فلفل سیاه،

دلمه‌ای.

DOI: 10.52547/fsct.18.116.183

* مسئول مکاتبات:

m.khani@qodsiau.ac.ir

مهمترین مشکل بهداشتی و کیفی در عرصه صادرات پسته، مسأله آلودگی آن به سم آفلاتوکسین و اکسیداسیون و هیدرولیز چربی‌ها است. لذا این تحقیق با هدف بررسی اثرات عصاره‌های الکلی فلفل قرمز، سیاه و دلمه‌ای بر میزان تولید آفلاتوکسین و اکسیداسیون در پسته و ویژگی‌های حسی آن انجام شد. به این منظور ابتدا فعالیت ضد قارچی عصاره‌های فلفل ارزیابی شد و پس از پوشش‌دهی نمونه‌های پسته با هر یک از عصاره‌های فلفل قرمز، سیاه و دلمه‌ای با مقادیر ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد (حجمی/وزنی) در قالب ۹ تیمار و یک نمونه شاهد، نسبت به تلقیح قارچ *آسپرژیلوس فلاووس* به نمونه‌ها اقدام شد. سپس اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین و عدد پراکسید و ارزیابی ویژگی‌های حسی در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ نگهداری انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان رشد شعاعی میسلوم قارچی در نمونه شاهد و کمترین میزان رشد قارچی در غلظت $10^0 \mu\text{L/L}$ عصاره فلفل قرمز مشاهده شد که با سایر غلظت‌های این عصاره و با غلظت مشابه عصاره‌های فلفل دلمه‌ای و سیاه اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$). میزان آفلاتوکسین در تیمارهای حاوی یک درصد فلفل قرمز و فلفل سیاه دارای کمترین مقدار و در نمونه شاهد دارای بیشترین مقدار بود. همچنین با افزایش میزان درصد عصاره‌ها، میزان عدد پراکسید و مطلوبیت حسی به طور معنی‌داری کاهش یافت. میزان ۰/۵ درصد عصاره فلفل قرمز از بیشترین میزان مطلوبیت حسی برخوردار بود و عصاره‌های ۰/۵ درصد فلفل دلمه‌ای و ۰/۵ درصد فلفل سیاه نیز بعد از آن قرار داشتند. عصاره‌های فلفل مورد بررسی نسبت به نمونه شاهد تاثیر معنی‌داری را بر کاهش میزان آفلاتوکسین و بهبود ویژگی‌های حسی پسته در طی نگهداری داشته‌اند و در مجموع تیمار پسته پوشش‌دهی شده با عصاره ۰/۵ درصد فلفل قرمز به عنوان تیمار برتر معرفی می‌گردد.

۱- مقدمه

پسته با نام علمی *Pistacia vera* متعلق به تیره سماق است که میوه این گیاه درختچه‌ای دارای ارزش و اهمیت اقتصادی و صادراتی بالایی می‌باشد. پسته ارقام ایران به دلیل کیفیت عالی آن از نظر ارزش تغذیه‌ای در بین کشورهای تولیدکننده این محصول از مرغوبیت ویژه‌ای برخوردار است [۱]. آلودگی قارچی پسته به گونه‌های کپک آسپرژیلوس و تولید آفاتوکسین در آن‌ها باعث شده است که صادرات این محصول با ارزش به کشورهای اتحادیه اروپا و آمریکا با مشکلاتی مواجه گردد [۲]. آفاتوکسین یکی از مهمترین و خطرناک‌ترین میکوتوکسین‌ها است که عمدتاً در پی آلودگی مواد غذایی با کپک‌های آسپرژیلوس فلاووس^۱ و آسپرژیلوس پارازیتیکوس^۲ به وجود می‌آید و می‌تواند منجر به ایجاد بیماری آفاتوکسیکوزیس در انسان شود. آفاتوکسین تیپ‌های مختلفی دارد که در این میان آفاتوکسین تیپ B₁ از همه سمیت بیشتری دارد و ماده‌ای سرطان‌زا، جهش‌زا و ناقص الخلقه‌زا می‌باشد [۳].

در حال حاضر حد مجاز آفاتوکسین کشورهای عضو اتحادیه اروپا برای پسته آماده مصرف، به میزان ۲ ppb برای آفاتوکسین نوع B₁ و ۴ ppb برای مجموع آفاتوکسین‌ها است [۴]. به منظور حفظ سلامتی محصول و کاهش یا حذف آفاتوکسین از پسته و سایر مواد غذایی، تاکنون اثر فرایندهای حرارت‌دهی، اثر ازن محلول، اثر میدان مغناطیسی‌ایستا، اثرات باکتری‌های اسید لاکتیک، مخمر ساکارومایسس سرویزیه، سالیسیلیک اسید، نانوکامپوزیت پلی استایرن- هیدروکسی آپاتیت به عنوان جاذب و عصاره‌های گیاهی نظیر آویشن بر روی میزان کاهش آفاتوکسین مورد بررسی قرار گرفته است [۵]. در این میان استفاده از عصاره‌های گیاهی به دلیل سهولت تهیه و کاربرد و همچنین مقرون به صرفه بودن دارای مزیت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد [۶].

بابایی و همکاران (۲۰۱۴) فعالیت ضد قارچی عصاره‌های مختلف برگ گیاه صبر زرد بر میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفاتوکسین B₁ در شرایط آزمایشگاهی را مقایسه کردند و نتایج نشان داد که عصاره‌ی استونی گیاه صبر زرد می‌تواند به‌عنوان عامل ضد قارچی موثرتری بر مهار

رشد آسپرژیلوس فلاووس و کاهش تولید آفاتوکسین B₁ نسبت به حلال‌های دیگر باشد [۷]. توکلی پور و همکاران (۲۰۱۸) اثر عصاره مریم گلی و زیره سبز در جلوگیری از توکسین زایی قارچ آسپرژیلوس فلاووس در مغز پسته را بررسی نمودند و نتایج نشان داد که برای عصاره مریم گلی مقادیر بالاتر از غلظت ۴۵۰۰ پی‌پی‌ام و برای عصاره زیره سبز غلظت‌های بیشتر از ۶۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث جلوگیری از تولید آفاتوکسین در مغز پسته گردید [۴]. Birari و همکاران (۲۰۱۸) اثرات ضد میکروبی عصاره فلفل را بر ممانعت‌کنندگی باکتری سودوموناس فلورسنس^۳ و قارچ تریکودرما^۴ مورد بررسی قرار دادند و در ابتدا عصاره در غلظت‌های ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ میکرولیتر تهیه شد و نتایج نشان داد که عصاره فلفل با داشتن ترکیبات فنلی بالا بطور معنی‌داری از رشد قارچ در طی مدت زمان نگهداری جلوگیری نموده است [۸]. Carol و همکاران (۲۰۱۹) تاثیر ضد قارچی عصاره دو گیاه فلفل قرمز و پاپریکا را در غلظت‌های مختلف صفر تا یک درصد بر ممانعت‌کنندگی رشد قارچی آسپرژیلوس فلاووس مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد عصاره‌ها به طور معنی‌داری از رشد قارچ و تولید سم آفاتوکسین جلوگیری نموده است [۹].

فلفل قرمز چیلی^۵ با نام علمی *Capsicum annuum* گیاهی است یک‌ساله و متعلق به تیره تاج‌ریزی^۶ می‌باشد. این گیاه حاوی مقادیر بالایی از فلاونوئیدها و ترکیبات فنولیک‌ها، مخصوصاً کوئرستین، لوتئین و کاپسایسینوئیدها می‌باشد. فلفل شامل ۱/۵ درصد ترکیبات اولئورزینی است که مهم‌ترین آن کاپسانتین می‌باشد که ساختمان فنلی دارد و بسیار تند بوده و به میزان ۰/۰۲ درصد در فلفل وجود دارد [۱۰]. همچنین برخی از ترکیبات ضد میکروبی استخراج شده از فلفل قرمز شامل: کاپسانتین، ترپنین، آلفا و بتا-پینن، لینالول و ترپینئول می‌باشند [۱۱].

فلفل سیاه^۷ با نام علمی *Piper nigrum* گیاه رونده گل دهنده‌ای از خانواده پپراسه^۸ یا فلفل سیاه است که برای میوه آن کشت می‌شود و معمولاً به صورت خشک شده و با رنگ

3. *Pseudomonas fluorescens*4. *Trichoderma*

5. Chili pepper

6. *Solanaceae*

7. Black pepper

8. *Piperaceae*1. *Aspergillus flavus*2. *Aspergillus parasiticus*

تیره به عنوان ادویه و چاشنی استفاده می‌شود و دارای اثرات ضد میکروبی بر علیه کپک‌ها می‌باشد [۱۲]. اثر فلفل سیاه به علت وجود ماده پپیریدین در پوست و میوه آن می‌باشد. اثر بازدارندگی این ماده در غلظت‌های مختلف بر روی مجموعه‌ای از قارچ‌ها و باکتری‌ها به اثبات رسیده است [۱۳]. فلفل دلمه‌ای^۱ با نام علمی *Capsicum annum* نوعی فلفل از خانواده تاج ریزی است که به رنگ‌های قرمز، زرد، سبز و نارنجی یافت می‌شود. از ویژگی‌های آن این است که به تندی دیگر گونه‌های فلفل نیست [۱۴]. فلفل دلمه‌ای دربرگیرنده الگوی پلی‌فنولیک قوی شامل هیدروکسی سینامید، فلاونول‌ها و فلاون‌ها می‌باشد. پلی‌فنول‌های شناخته شده در فلفل دلمه‌ای شامل چهار نوع کوئرستین، چهارده نوع لوتئین و دو نوع اپیجینین می‌باشد [۱۵].

باتوجه به این که فلفل‌ها به دلیل دارا بودن ترکیبات موثره ذکر شده دارای اثرات ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی مناسبی هستند، در این تحقیق اثرات عصاره سه نوع فلفل قرمز، سیاه و دلمه‌ای بر روی مهارکنندگی رشد قارچ‌های آسپرژیلوس و بر میزان تولید آفلاتوکسین و برخی ویژگی‌های شیمیایی و حسی در پسته رقم اکبری دامغان مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

فلفل‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل فلفل قرمز، فلفل سیاه و فلفل دلمه‌ای از پژوهشکده گیاهان دارویی تهیه گردید. دو قارچ آسپرژیلوس فلاووس^۲ *PTCC 5006* و آسپرژیلوس پارازیتیکوس^۳ *PTCC 5004* از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شد. محیط کشت‌ها از شرکت مرک خریداری شد.

۲-۲- روش تهیه عصاره‌های فلفل

جهت تهیه عصاره الکلی فلفل‌های مورد نظر، ابتدا فلفل‌ها با آب مقطر به طور کامل شسته شدند و سپس به منظور ضدعفونی کردن آن‌ها از اتانول ۷۰ درصد (شرکت سیگما ساخت آمریکا) استفاده گردید، در ادامه فلفل‌ها به قطعات کوچکتر تبدیل و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳

روز در آن قرار داده شدند تا به طور کامل خشک شوند [۷]. سپس هر یک از انواع فلفل بطور جداگانه با آسیاب (مدل 400 شرکت فن‌آزما ساخت ایران) خرد شدند و به نسبت ۱ به ۶ با حلال الکلی مخلوط شدند. حلال مورد استفاده در این تحقیق مخلوطی از اتانول ۹۶ درصد و آب مقطر بود، که نسبت اختلاط به صورت (۷۵ درصد اتانول ۹۶ درصد و ۲۵ درصد آب مقطر) بود. بعد از مخلوط کردن پودر با حلال الکلی، به مدت ۳ ساعت در حمام آب گرم ارتعاشی (مدل TC550، شرکت فن‌آزما ساخت ایران) در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس با استفاده از فیلتر تحت خلأ (شرکت SH-Scientific ساخت کره جنوبی) عصاره به دست آمده صاف شد. سپس عصاره به دست آمده وارد دستگاه تبخیر کننده گردان^۴ (مدل Heidolph-R300، شرکت LabTech ساخت آلمان) شد تا الکل موجود در عصاره جدا گردد. در نهایت ماده بدست آمده مجدد با حلال الکلی مخلوط و تا انجام آزمایشات بعدی در یخچال نگهداری شد [۴].

۲-۳- روش ارزیابی فعالیت ضد قارچی عصاره‌های فلفل

دو قارچ آسپرژیلوس فلاووس^۴ *PTCC 5006* و آسپرژیلوس پارازیتیکوس^۳ *PTCC 5004* بر روی محیط شیب دار (Potato Dextrose Agar (PDA) (شرکت مرک آلمان) کشت شده و به مدت ۷ روز در داخل انکوباتور (مدل XB032، شرکت فن‌آزما ساخت ایران) در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند تا تولید اسپور کند. به منظور بررسی فعالیت ضد قارچی عصاره‌های استخراج شده توسط حلال از روش انتشار در پلیت آگار استفاده شد. بدین منظور غلظت‌های صفر، ۱۰^{-۲}، ۱۰^{-۳}، ۱۰^{-۴} و ۱۰^{-۵} میکرولیتر بر لیتر (در هر پلیت به ترتیب: صفر، ۵، ۵۰، ۵۰۰ و ۵۰۰۰ میکرولیتر بر ۵۰ میلی‌لیتر) از عصاره‌ها به محیط کشت PDA مذاب که حرارت آن در داخل پلیت‌ها به ۶۰ درجه سانتی‌گراد رسیده بود اضافه گردید و سپس بر روی شیکر مخلوط شد. بدین منظور بعد از جامد شدن محیط‌های کشت پلاک‌هایی از قارچ‌های کشت داده شده از سوبه‌های استاندارد (در ابعاد ۴ میلی‌متر که با کولیس اندازه‌گیری شد) در هر پلیت مربوط به غلظت‌های مختلف عصاره‌ها، به صورت نقطه ای قرار داده شد و کشت‌ها

3. Rotary evaporator
4. Persian type collection center

1. Bell pepper
2. Persian type collection center

به مدت ۷ روز در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد، انکوبه شد. برای هر یک از تیمارها سه تکرار گذاشته شد. در پایان روز هفتم انکوباسیون میزان رشد شعاعی میسلیم قارچ‌ها بر حسب سانتی متر گزارش شده و میزان درصد مهار رشد قارچی با توجه به فرمول زیر (رابطه ۱) مورد تحلیل قرار گرفت [۷].

= درصد مهار رشد قارچی

$100 \times \frac{\text{قطر کلونی کنترل}}{\text{قطر کلونی تیمار}} - \text{قطر کلونی کنترل}$

۲-۴- روش پوشش‌دهی پسته با عصاره‌های

فلفل

پسته‌های مورد استفاده در تحقیق از نوع رقم اکبری دامغان بودند. برای اطمینان از عدم آلودگی قبلی پسته به قارچ مولد آفاتوکسین از پسته دهان بسته استفاده شد. پس از توزین پسته‌های مغز شده، هر یک از عصاره‌های فلفل قرمز، سیاه و دلمه‌ای به طور جداگانه در مقادیر ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد (حجمی/وزنی) در قالب ۹ تیمار بر روی پسته اسپری شدند و سپس نمونه‌های پسته در بسته‌هایی از جنس پلی اتیلنی بسته‌بندی و به مدت ۲ ماه در شرایط دمای محیط نگهداری شدند. نمونه‌های پسته در طی روزهای اول، ۳۰ و ۶۰ از نظر شاخص عدد پراکسید و ویژگی‌های حسی (شامل: طعم، رنگ ظاهری و بو) مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین جهت بررسی اثر عصاره‌های فلفل تهیه شده بر میزان آفاتوکسین در پسته، پس از پوشش‌دهی نمونه‌های پسته با عصاره‌های فلفل قرمز، سیاه و دلمه‌ای نسبت به تلقیح قارچ اقدام شد و متعاقباً میزان آفاتوکسین در طی روزهای اول، ۳۰ و ۶۰ نگهداری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

۲-۵- روش تلقیح قارچ به پسته

پسته‌ها تحت شرایط مناسب و در زیر هود بیولوژیک به مقدار ۱۰۰ گرم در پلیت‌های استریل که دارای قطر ۹۰ میلی‌متر بود، قرار داده شد. پسته‌ها با عصاره‌های فلفل پوشش داده شد. پس از اتمام این مرحله با استفاده از خط کش مرکز هندسی پلیت مشخص و با استفاده از پانچری که قطر دهانه‌اش در حدود ۵ میلی‌متر بود از کشت هفت روزه تهیه شده از اسپرژیلوس فلاووس دایره‌های ۵ میلی‌متری تهیه گردید و به پسته تلقیح شد (روی پسته قرار گرفت)، سپس پلیت‌های حاوی پسته پوشش داده شده با عصاره فلفل و قارچ اسپرژیلوس فلاووس

در بسته‌بندی پلی‌اتیلنی قرار داده شد و به مدت دو ماه در دمای محیط زیر هود نگهداری شد و قارچ‌ها پس از تطبیق شرایط خود با محیط پس از سپری شدن یک روز و برحسب غلظت‌های مختلف عصاره شروع به رشد کردند و میزان آفاتوکسین در طی روزهای اول، ۳۰ و ۶۰ توسط کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) اندازه‌گیری شد [۴].

۲-۶- نحوه اندازه‌گیری میزان آفاتوکسین

برای ارزیابی و تعیین مقدار آفاتوکسین B₁ حاصل از قارچ اسپرژیلوس فلاووس در هر یک از تیمارهای حاوی عصاره الکلی فلفل مورد نظر از دستگاه HPLC (مدل 126 Infinity LC مجهز به آشکارساز فلورسنس ساخت انگلیس) استفاده شد. در ابتدا مقدار ۵۰ گرم نمونه پسته با دقت ۰/۰۱ وزن شد و سپس با مقداری آب مخلوط گردید تا خمیری شود. سپس ۵ گرم نمک کلرید سدیم به آن اضافه گردید و درون بلندر (مدل Polymed 201 ساخت آلمان) آسیاب شد و برای آنالیز به وسیله HPLC به آزمایشگاه مرجع سنجش آفاتوکسین فرستاده شد. میزان آفاتوکسین نمونه‌های پسته در روزهای اول، ۳۰ و ۶۰ اندازه‌گیری شد و میانگین میزان آفاتوکسین مطابق با رفرنس موجود در استاندارد ملی ۶۸۷۲ (۲۰۱۳) مورد آنالیز قرار گرفتند [۱۶]. سم آفاتوکسین موجود در پسته‌های تیمار شده با عصاره‌های فلفل بعد از پاکسازی از محیط کشت با استفاده از حلال متانول و آب به نسبت (۸:۲) از نمونه استخراج و به کمک آن-هگزان چربی آن جدا شد و عصاره به دست آمده با حجم مشخصی از آب در بالن ژوژه تا رسیدن به یک غلظت معین رقیق گردید. عصاره رقیق شده از ستون‌های ایمونوآفینیته دارای آنتی بادی‌های ویژه آفاتوکسین‌های گروه B عبور داده شد. با عبور عصاره رقیق شده از ستون، سم موجود در عصاره (آنتی ژن) به آنتی بادی‌های درون ستون متصل می‌گردد. سم متصل شده به آنتی بادی در درون ستون توسط عبور متانول از داخل ستون شسته شده و درون ویال جمع‌آوری گردیده و با آب رقیق گردید. تعیین مقدار با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا مطابق با روش بابایی و همکاران (۲۰۱۴) انجام گرفت [۷].

۷-۲- نحوه اندازه‌گیری عدد پراکسید و

ارزیابی حسی پسته

تعیین عدد پراکسید به روش تیتراسیون با تیوسولفات سدیم بر اساس میلی اکری والان اکسیژن بر کیلوگرم مطابق با روش استاندارد ملی به شماره ۱۹۱۹۷ (۲۰۱۵) اندازه‌گیری و گزارش شد [۱۷]. همچنین ویژگی‌های حسی پسته شامل طعم، رنگ و بو در تیمارهای حاوی عصاره‌های فلفل بدون قارچ بر اساس روش هدونیک ۵ نقطه ای با امتیازدهی (۱= بسیار بد، ۲= بد، ۳= متوسط، ۴= خوب و ۵= بسیار خوب) توسط ۸ ارزیاب حسی نیمه آموزش دیده در طی روزهای ۳۰، ۱ و ۶۰ نگهداری انجام گرفت.

۸-۲- روش تجزیه آماری

کلیه آزمایش‌ها در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. از آنالیز واریانس یک طرفه برای بررسی اثر معنی‌دار تیمارهای مورد آزمایش بر صفات مورد بررسی به کمک نرم افزار Minitab 17 و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌های معنی‌دار در سطح ۵ درصد جهت تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی فعالیت ضد قارچی عصاره‌های

فلفل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر غلظت و نوع عصاره فلفل سیاه، قرمز و دلمه‌ای بر میزان رشد شعاعی میسلیم قارچ‌های آسپرژیلوس فلاووس و پارازیتیکوس معنی‌دار بود ($p < 0.05$). نتایج تاثیر عصاره‌های فلفل بر میزان رشد شعاعی میسلیم قارچی و درصد مهار رشد قارچ‌های آسپرژیلوس فلاووس و پارازیتیکوس به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. با افزایش غلظت عصاره فلفل‌های مختلف فعالیت ضد قارچی آن‌ها افزایش معنی‌داری داشته است. بالاترین میزان رشد شعاع میسلیمی و کمترین درصد مهار رشد قارچی در غلظت صفر (شاهد) و کمترین میزان شعاع میسلیمی در غلظت $100 \mu\text{L/L}$ مشاهده شد و در این غلظت بین میزان رشد شعاعی میسلیم قارچی در انواع عصاره‌های فلفل نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.05$). کمترین میزان رشد شعاع

میسلیمی و بیشترین درصد مهار رشد قارچی بین عصاره‌های فلفل مورد مطالعه، در عصاره فلفل قرمز در غلظت $100 \mu\text{L/L}$ و بیشترین میزان رشد در همین غلظت به عصاره فلفل دلمه‌ای تعلق داشت ($p < 0.05$). محدوده درصد مهار رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس در مقادیر عصاره 10^0 تا 10^2 میکرولیتر بر لیتر در عصاره فلفل قرمز از ۲۴ تا ۷۵ درصد، در عصاره فلفل سیاه از ۸ تا ۳۳ درصد و در عصاره فلفل دلمه‌ای از ۱۰ تا ۲۸ درصد بدست آمد ($p < 0.05$). همچنین محدوده درصد مهار رشد قارچ آسپرژیلوس پارازیتیکوس در مقادیر عصاره 10^0 تا 10^2 میکرولیتر بر لیتر در عصاره فلفل قرمز از ۲۳ تا ۷۱ درصد، در عصاره فلفل سیاه از ۷ تا ۳۰ درصد و در عصاره فلفل دلمه‌ای از ۷ تا ۲۵ درصد بدست آمد ($p < 0.05$). هرچند که درصد مهار رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس توسط انواع عصاره فلفل نسبت به گونه پارازیتیکوس کمی بیشتر بود اما از نظر نوع قارچ مورد مطالعه، اثر عصاره‌های فلفل روی آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس اختلاف آماری معنی‌داری نداشت ($p < 0.05$). در مقایسه اثرات ضد قارچی عصاره‌های فلفل مورد مطالعه ملاحظه شد که عصاره فلفل قرمز در مقادیر مختلف نسبت به عصاره‌های فلفل سیاه و فلفل دلمه‌ای از فعالیت ضد قارچی بیشتری علیه هر دو گونه آسپرژیلوس فلاووس و پارازیتیکوس برخوردار بود ($p \leq 0.05$). همچنین با افزایش مقدار عصاره‌های هر یک از انواع فلفل‌های مورد مطالعه، میزان فعالیت ضد قارچی علیه هر دو گونه آسپرژیلوس افزایش یافت. مقادیر رشد میسلیم و درصد مهار رشد قارچ در غلظت‌های مختلف متفاوت بوده که بیانگر تفاوت در ترکیبات موثره موجود می‌باشد که می‌تواند میزان اثر ممانعت‌کنندگی آن‌ها را کاهش یا افزایش دهد. بیشترین فعالیت ضد قارچی در عصاره فلفل قرمز در غلظت $100 \mu\text{L/L}$ دیده شد که میزان رشد شعاعی میسلیم آسپرژیلوس فلاووس ($1/4 \text{ cm}$) و آسپرژیلوس پارازیتیکوس ($1/6 \text{ cm}$) را نسبت به نمونه شاهد بدون عصاره ($5/7 \text{ cm}$) به میزان بیش از سه برابر کاهش داد. در عین حال بیشترین درصد مهار رشد این دو قارچ (به ترتیب ۷۵ و ۷۱ درصد) مربوط به غلظت $100 \mu\text{L/L}$ عصاره فلفل قرمز بود که تقریباً دو تا سه برابر مقدار مشابه عصاره فلفل سیاه و فلفل دلمه‌ای است که به ترتیب باعث درصد مهار رشد ۳۳ و ۲۸ درصدی قارچ آسپرژیلوس فلاووس و درصد مهار رشد ۳۰ و

عصاره، درصد مهار رشد نیز کاهش می‌یابد [۱۹]. در تحقیق دیگری توسط Vijayalakshmi و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی تاثیر ضدقارچی ترکیبات گیاهی مختلف مشاهده شد که اسانس فلفل (۰/۵ درصد)، زردچوبه (۰/۵ درصد) و اسانس اکالپتوس از رشد پنی سیلیوم و روکوزوم به طور کامل و از رشد آسپرژیلوس پارازیتیکوس ۶۰ تا ۷۰ درصد جلوگیری کرده است (۲۰). همچنین Carole و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تاثیر ضد قارچی دو عصاره فلفل *Capsicum annuum* L. و *Capsicum frutescens* L. در غلظت-های صفر تا یک درصد گزارش کردند که عصاره این دو گونه فلفل تا ۷۰ درصد از رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس جلوگیری کرد که این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق حاضر همخوانی دارند [۹].

۲۵ درصدی قارچ آسپرژیلوس پارازیتیکوس شدند. نتایج حاصله از این مطالعه می‌تواند اطلاعات پایه‌ای در زمینه کارایی و اثر بخشی عصاره‌های مختلف گیاه فلفل به منظور کاهش رشد این قارچ‌ها و فعالیت ضد قارچی این گیاه در اختیار قرار دهد. طبق نتایج به دست آمده توسط Arunkumar و Muthuselvam (۲۰۰۹) در بررسی تاثیرات عصاره‌ها بر روی آسپرژیلوس نایجر و آسپرژیلوس فلاووس، بالاترین فعالیت ضد قارچی گیاه آلوئه‌ورا در عصاره استنی آن بر روی رشد آسپرژیلوس نایجر و آسپرژیلوس فلاووس گزارش داده‌اند [۱۸]. Soumya و همکاران (۲۰۱۲) نیز اثر ضد قارچی عصاره *Capsicum frutescens* L. را بر روی بادام زمینی بررسی کردند و دریافتند که این عصاره می‌تواند به دلیل وجود کاپسایسین سبب مهار قارچ آسپرژیلوس فلاووس تا ۸۸/۲۳ درصد شود و همچنین دریافتند که با کاهش غلظت

Table 1 Effect of pepper extracts on the radial growth rate of fungal mycelium and growth inhibition percentage of *Aspergillus flavus* (Mean±SD)

The amount of extract (μL/L)	Radial growth of fungal mycelium in red pepper extract (cm)	Inhibition of fungal growth by red pepper extract (%)	Radial growth of fungal mycelium in black pepper extract (cm)	Inhibition of fungal growth by black pepper extract (%)	Radial growth of fungal mycelium in bell pepper extract (cm)	Inhibition of fungal growth by bell pepper extract (%)
0	5.7±0.01 ^{Aa}	0	5.7±0.01 ^{Aa}	0	5.7±0.11 ^{Aab}	0
10 ⁻²	4.3±0.01 ^{Cb}	24.5	5.2±0.05 ^{Aab}	8.7	5.1±0.01 ^{Bab}	10.5
10 ⁻³	3.1±0.04 ^{Bc}	45.6	4.8±0.01 ^{Ab}	15.7	4.8±0.01 ^{Ab}	15.7
10 ⁻⁴	2.8±0.05 ^{Cd}	50.8	4.2±0.01 ^{Bbc}	26.3	4.4±0.04 ^{Ab}	22.8
10 ⁻⁵	1.4±0.03 ^{Ce}	75.4	3.8±0.01 ^{Bc}	33.3	4.1±0.03 ^{Abc}	28

A-C: Different superscript in each row indicate a significant difference between pepper extracts (P < 0.05).

a-e: Different superscript in each column indicate a significant difference between extract amounts (P < 0.05).

Table 2 Effect of pepper extracts on the radial growth rate of fungal mycelium and growth inhibition percentage of *Aspergillus parasiticus* (Mean±SD)

The amount of extract (μL/L)	Radial growth of fungal mycelium in red pepper extract (cm)	Inhibition of fungal growth by red pepper extract (%)	Radial growth of fungal mycelium in black pepper extract (cm)	Inhibition of fungal growth by black pepper extract (%)	Radial growth of fungal mycelium in bell pepper extract (cm)	Inhibition of fungal growth by bell pepper extract (%)
0	5.6±0.11 ^{Aa}	0	5.6±0.11 ^{Aa}	0	5.6±0.11 ^{Aab}	0
10 ⁻²	4.3±0.01 ^{Bb}	23.2	5.2±0.05 ^{Aab}	7.14	5.2±0.01 ^{Aab}	7.14
10 ⁻³	3.1±0.04 ^{Bc}	44.6	4.8±0.01 ^{Ab}	14.2	4.7±0.01 ^{Ab}	16
10 ⁻⁴	2.8±0.05 ^{Cd}	50	4.2±0.01 ^{Bbc}	25	4.5±0.04 ^{Ab}	19.6
10 ⁻⁵	1.6±0.03 ^{Ce}	71.4	3.9±0.01 ^{Bc}	30.3	4.2±0.03 ^{Abc}	25

A-C: Different superscript in each row indicate a significant difference between pepper extracts (P < 0.05).

a-e: Different superscript in each column indicate a significant difference between extract amounts (P < 0.05).

توجه به نتایج جدول ۳ ملاحظه می‌شود که در روز اول میزان آفلاتوکسین در تمامی نمونه‌ها یکسان بوده و با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند اما در روزهای ۳۰ و ۶۰ نگهداری میزان آفلاتوکسین در تیمارهای حاوی عصاره‌های فلفل با افزایش درصد هر یک از انواع عصاره‌ها (به غیر از عصاره فلفل در روز

۲-۳- نتایج میزان آفلاتوکسین B1 تیمارهای

پسته

بر اساس آنالیز واریانس، اثر تیمارهای حاوی غلظت‌های مختلف عصاره‌های فلفل و زمان نگهداری بر تغییرات میزان تولید آفلاتوکسین نمونه‌های پسته معنی‌دار بود (p < ۰/۰۵) با

عصاره فلفل سیاه (۹۹/۴۳ نانوگرم بر کیلوگرم) به طور معنی دار در مقایسه با سایر تیمارها و نمونه شاهد از کمترین میزان برخوردار بود و نمونه شاهد (۱۴۵/۸۶ نانوگرم بر کیلوگرم) بیشترین میزان آفلاتوکسین را در مقایسه با تیمارها به خود اختصاص داد ($p \leq 0.05$). کاهش معنی دار میزان آفلاتوکسین تیمارهای پسته همراه با افزایش مقدار استفاده از عصاره های فلفل، با میزان ترکیبات موثره عصاره ها رابطه مستقیم دارد [۲۱]. برخی از ترکیبات عصاره های فلفل مانند آنزیم های مختلف از جمله آلایز، آلکالین فسفاتازها، آمیلازها، کربوکسی پپتیدازها، کاتالاز، سلولاز، لیپاز، پراکسیداز می تواند در غلظت های مختلف بر تولید پروتئین های خارج سلولی قارچ، در طی مسیر بیوسنتز آنها و میزان تولید آفلاتوکسین تأثیرگذار باشد [۲۲]. توکلی پور و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر ضدآفلاتوکسین زدایی آویشن شیرازی در مغز پسته پوشش یافته با کنسانتره پروتئینی آب پنیر دریافتند که عصاره آویشن دارای اثرات ضد آفلاتوکسین بوده و در غلظت های بالاتر با اختلال در روند تولید متابولیت ها می تواند میزان رشد آسپرژیلوس فلاووس را کاهش دهد که با یافته های تحقیق حاضر نیز همخوانی داشت [۲۳]. با توجه به استاندارد ملی شماره ۵۹۲۵ (۲۰۲۰) حداکثر میزان مجاز آفلاتوکسین B1 در پسته ۵ ppb در نظر گرفته شده است که میزان آفلاتوکسین تولید شده در تمامی تیمارها در حد مجاز استاندارد قرار داشت [۲۴].

۶۰ به طور معنی داری کاهش یافت ($p < 0.05$). همچنین میزان آفلاتوکسین در پسته های تیمار شده با عصاره فلفل قرمز از تیمارهای پسته حاوی عصاره فلفل سیاه کمتر بود اما در مقادیر مشابه از نظر آماری، اختلاف معنی دار نبود ($p > 0.05$). با این حال تیمارهای پسته حاوی عصاره های فلفل قرمز و فلفل سیاه از میزان آفلاتوکسین کمتری در مقایسه با فلفل دلمه ای در مقادیر مشابه برخوردار بودند ($p \leq 0.05$). با افزایش مقدار هر یک از عصاره های فلفل قرمز، فلفل سیاه و فلفل دلمه ای در طی روزهای ۳۰ و ۶۰ نگهداری (به غیر از تیمارهای فلفل دلمه ای در روز ۶۰) میزان آفلاتوکسین به طور معنی داری کاهش یافت ($p \leq 0.05$). به طوریکه در انتهای ماه اول، میزان آفلاتوکسین تیمارهای پسته با افزایش مقدار عصاره فلفل قرمز از ۱۱۲ به ۸۳ نانوگرم بر کیلوگرم و با افزایش مقدار عصاره فلفل سیاه از ۱۱۹ به ۸۹ نانوگرم بر کیلوگرم کاهش یافت و در انتهای ماه دوم میزان آفلاتوکسین تیمارهای پسته با افزایش مقدار عصاره فلفل قرمز از ۱۱۹ به ۹۵ نانوگرم بر کیلوگرم و با افزایش مقدار عصاره فلفل سیاه از ۱۲۴ به ۹۹ نانوگرم بر کیلوگرم کاهش یافت که در مقایسه با تیمارهای حاوی عصاره فلفل دلمه ای و نمونه شاهد از میزان آفلاتوکسین کمتری برخوردار بودند ($p \leq 0.05$). لذا عصاره های فلفل قرمز و فلفل سیاه دارای بیشترین تأثیر بر روی کاهش میزان تولید آفلاتوکسین در تیمارهای پسته می باشند و در انتهای ماه دوم نگهداری، میزان آفلاتوکسین در تیمارهای حاوی ۱ درصد عصاره فلفل قرمز (۹۵/۳۳ نانوگرم بر کیلوگرم) و ۱ درصد

Table 3 Effect of red, black and bell pepper extracts on aflatoxin B1 (ng/kg) of pistachios during 2 months of storage (Mean±SD)

Sample	Day 1 st	Day 30 th	Day 60 th
Control	61.70±0.00 ^{Ac}	123.40±0.10 ^{Ab}	145.86±0.00 ^{Aa}
Red pepper 0.1%	61.70±0.00 ^{Ac}	112.50±0.15 ^{Cb}	119.00±0.00 ^{BCa}
Red pepper 0.5%	61.70±0.00 ^{Ac}	95.40±0.01 ^{Cb}	109.34±0.02 ^{Ca}
Red pepper 1%	61.70±0.00 ^{Ac}	83.44±0.08 ^{Eb}	95.33±0.001 ^{Da}
Black pepper 0.1%	61.70±0.00 ^{Ac}	119.56±0.12 ^{Ab}	124.33±0.00 ^{Ba}
Black pepper 0.5%	61.70±0.00 ^{Ac}	105.67±0.05 ^{Cb}	111.33±0.02 ^{Ca}
Black pepper 1%	61.70±0.00 ^{Ac}	89.00±0.10 ^{Eb}	99.43±0.15 ^{Da}
Bell pepper 0.1%	61.70±0.00 ^{Ac}	123.44±0.43 ^{Ab}	131.40±0.00 ^{Ba}
Bell pepper 0.5%	61.70±0.00 ^{Ac}	115.55±0.50 ^{Bb}	123.45±0.01 ^{Ba}
Bell pepper 1%	61.70±0.00 ^{Ac}	103.40±0.02 ^{Cb}	118.00±0.02 ^{BCa}

A-E: Different superscript in each column indicate a significant difference between treatments ($P < 0.05$).

a-c: Different superscript in each row indicate a significant difference between storage days ($P < 0.05$).

پسته معنی دار بود ($p < 0.05$). با توجه به نتایج جدول ۴ مشاهده شد که میزان ترکیبات هیدروپرسیدنی تمامی نمونه های پسته در طی زمان روندی صعودی را طی نموده

۳-۳- نتایج عدد پراکسید پسته

بر اساس آنالیز واریانس، اثر تیمار (نوع و غلظت عصاره های فلفل) و زمان نگهداری بر تغییرات عدد پراکسید نمونه های

اسیدهای چرب غالب پسته اسید لینولنیک و اسید لینولئیک می‌باشند، روغن پسته مستعد اکسیداسیون خودبخودی است [۲۵]. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد پسته‌هایی که از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دارای میزان بالای آفت‌زدگی و یا دارای آسیب‌دیدگی زیادی هستند مغز پسته آن‌ها نیز در برابر حمله قارچ‌ها آسیب‌پذیرتر می‌باشند و به علت آنکه قسمت‌های بیشتری از مغز (مخصوصاً مغزهای بدون پریکارپ) در ارتباط بیشتر با هوا و نور می‌باشند واکنش‌هایی اکسیداسیون چربی‌ها افزایش می‌یابد [۲۶]. همانطور که ملاحظه شد در انتهای ماه دوم نگهداری، میزان عدد پراکسید در تیمارهای حاوی مقادیر ۱ درصد فلفل قرمز، فلفل سیاه و فلفل دلمه‌ای (به ترتیب ۴/۱۱، ۴/۳۱ و ۴/۳۴ میلی اکی اکسیژن بر کیلوگرم) در کمترین میزان بود که اختلاف آماری این سه تیمار با یکدیگر معنی‌دار نبود و در نمونه شاهد (۶/۸۶ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم) دارای بیشترین میزان بود که با سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری داشتند ($p \leq 0.05$). در تحقیق حاضر مشاهده گردید که تمامی نمونه‌ها از نظر میزان پراکسید در چربی استخراجی غیر قابل قبول (بیش از ۱ meqO₂/kg) بودند [۲۷]. که این نشان دهنده آن است که علاوه بر نوع ترکیبات موثره هر یک از عصاره‌های فلفل و همچنین درصد ترکیبات مورد استفاده، شرایط دیگری نیز بر افزایش میزان پراکسید نقش داشته است. رهایی و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی توانایی سویه لاکتوباسیلوس رامنوسوس LBGG جهت کاهش آفات توکسین B₁ موجود در پسته دریافتند که در طی زمان نگهداری میزان عدد پراکسید در کلیه تیمارهای پسته به طور معنی‌داری افزایش یافت که با یافته‌های تحقیق حاضر همخوانی دارد [۲۸].

است و در ۶۰ روز بعد از نگهداری به بیشترین مقدار خود رسیده است. پسته‌های تیمار شده با عصاره فلفل قرمز عمدتاً از میزان عدد پراکسید کمتری در مقایسه با نمونه شاهد و پسته های تیمار شده با عصاره فلفل سیاه و همچنین فلفل دلمه‌ای در طی روزهای ۳۰ و ۶۰ برخوردار بودند که در مقادیر مشابه در برخی موارد اختلاف آماری معنی دار بود ($p \leq 0.05$). بین تیمارهای پسته حاوی عصاره فلفل سیاه و دلمه‌ای نیز عمدتاً پسته‌های تیمار شده با فلفل سیاه از میزان عدد پراکسید کمتری در مقایسه با فلفل دلمه‌ای برخوردار بودند ($p \leq 0.05$). در روز اول ارزیابی، میزان عدد پراکسید در تمامی نمونه‌ها یکسان بودند و اختلافات معنی‌داری نداشتند ($p > 0.05$). اما طی زمان نگهداری میزان عدد پراکسید در کلیه تیمارها با افزایش معنی‌داری مواجه بود، به طوریکه بالاترین میزان عدد پراکسید در تمامی نمونه‌ها در روز ۶۰ نگهداری مشاهده شد ($p \leq 0.05$). با افزایش غلظت هر یک از عصاره‌های فلفل قرمز، فلفل سیاه و فلفل دلمه‌ای در مقایسه با غلظت کمتر خود - میزان عدد پراکسید به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p \leq 0.05$). عوامل مختلفی مانند نور، یون‌های فلزی و اکسیژن قادر به بالا بردن اندیس پراکسید می‌باشند. استفاده از عصاره‌های گیاهی به دلیل پوشش‌دهی سطح پسته و ممانعت از حضور بیشتر اکسیژن می‌تواند از افزایش میزان عدد پراکسید در طی دوره نگهداری ممانعت نماید. ترکیبات موثره موجود در عصاره‌های فلفل علاوه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی خود می‌توانند با ممانعت از فعالیت میکروبی و لیپولیز میکروبی بر میزان عدد پراکسید تیمارهای پسته در طی دوره نگهداری اثر معنی‌داری داشته باشند. ۱۳/۵ درصد پسته را چربی‌ها تشکیل می‌دهند که بعد از پروتئین‌ها (با مقدار ۱۹/۵ درصد) از بیشترین ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده در پسته به حساب می‌آیند و با توجه به اینکه

Table 4 The effect of red, black and bell pepper extracts on peroxide value (meqO₂/kg) of pistachios during 2 months of storage (Mean±SD)

Sample	Day 1 st	Day 30 th	Day 60 th
Control	2.703±0.00 ^{Ac}	4.50±0.10 ^{Ab}	6.86±0.00 ^{Aa}
Red pepper 0.1%	2.70±0.00 ^{Ac}	3.43±0.01 ^{CDb}	5.20±0.02 ^{Ca}
Red pepper 0.5%	2.70±0.00 ^{Ac}	3.22±0.00 ^{Db}	4.98±0.00 ^{Ca}
Red pepper 1%	2.70±0.00 ^{Ac}	3.11±0.00 ^{Eb}	4.11±0.00 ^{Ea}
Black pepper 0.1%	2.70±0.00 ^{Ac}	3.65±0.00 ^{Cb}	5.55±0.00 ^{Ba}
Black pepper 0.5%	2.70±0.00 ^{Ac}	3.52±0.00 ^{CDb}	4.69±0.01 ^{Da}
Black pepper 1%	2.70±0.00 ^{Ac}	3.36±0.00 ^{Db}	4.31±0.00 ^{Ea}
Bell pepper 0.1%	2.70±0.00 ^{Ac}	3.86±0.00 ^{Bb}	5.16±0.02 ^{Ca}
Bell pepper 0.5%	2.70±0.00 ^{Ac}	3.66±0.07 ^{Cb}	4.89±0.00 ^{Ca}
Bell pepper 1%	2.71±0.00 ^{Ac}	3.40±0.00 ^{Db}	4.34±0.00 ^{Ea}

A-E: Different superscript in each column indicate a significant difference between treatments ($P < 0.05$).

a-c: Different superscript in each row indicate a significant difference between storage days ($P < 0.05$).

همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر ضد آفلاتوکسین‌زدایی آویشن شیرازی در مغز پسته دریافتند که در مقادیر بالاتر عصاره، میزان مطلوبیت طعم و مزه تیمارهای پسته به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که با یافته‌های تحقیق حاضر نیز همخوانی دارد [۲۳].

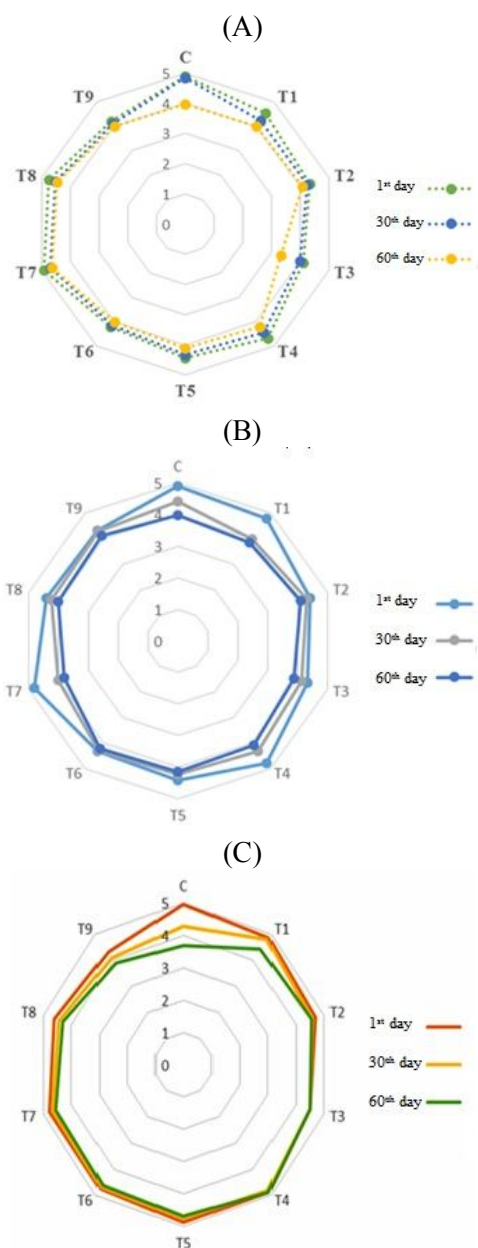


Fig 1 Sensory evaluation of taste (A), color (B) and odor (C) in pistachio treatments during storage (C = control sample, T1 = pistachio with 0.1% red pepper extract, T2 = pistachio with 0.5% red pepper extract, T3 = pistachio with 1% red pepper extract, T4 = pistachio with 0.1% of black pepper extract, T5 = pistachio with 0.5% black pepper extract, T6 = pistachio with 1% black pepper extract, T7 = pistachio with 0.1% bell pepper extract, T8 = pistachio with 0.5% of bell pepper extract and T9 = pistachio with 1% of bell pepper extract)

۳-۴- نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمار و زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل این دو بر روی ویژگی‌های حسی طعم، رنگ و بوی نمونه‌های پسته معنی‌دار بود ($p < 0.05$). نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی در نمودار ۱ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش درصد استفاده از هر یک از عصاره‌های فلفل میزان امتیازات طعم، رنگ و بوی تیمارهای پسته به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p \leq 0.05$). همچنین در طی زمان نگهداری میزان مطلوبیت حسی طعم، رنگ و بوی تیمارهای پسته به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p \leq 0.05$). بررسی نتایج ارزیابی حسی نشان داد که نمونه پسته شاهد و تیمار حاوی ۰/۱ درصد عصاره فلفل دلمه‌ای در طی مدت نگهداری دارای بالاترین امتیاز طعم بودند که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند. با این حال تمامی تیمارهای مورد بررسی (به غیر از تیمار حاوی ۱ درصد عصاره فلفل قرمز در روز ۶۰) همانند نمونه شاهد در طی مدت نگهداری از امتیاز طعمی خوب (بالای ۴) برخوردار بودند. همچنین بالاترین امتیاز رنگ در روزهای ۱ و ۳۰ به نمونه شاهد و تیمار حاوی ۰/۱ درصد عصاره فلفل دلمه‌ای و در روز ۶۰ به تیمار حاوی ۱ درصد عصاره فلفل سیاه اختصاص یافت اما تمامی تیمارهای مورد بررسی (به غیر از تیمار حاوی ۱ درصد عصاره فلفل قرمز در روز ۶۰) در طول مدت نگهداری از امتیاز رنگی خوبی (بالای ۴) برخوردار بودند. از نظر ارزیابی بو نیز عمدتاً بالاترین امتیاز به تیمارهای حاوی مقادیر مختلف عصاره فلفل سیاه (بویژه ۰/۱ درصد آن) تعلق داشت اما تمامی نمونه‌های مورد بررسی (به غیر از نمونه شاهد و تیمار حاوی ۱ درصد عصاره فلفل دلمه‌ای در روز ۶۰) در طول مدت نگهداری از امتیاز بوی خوب (بالای ۴) برخوردار بودند. به طور کلی با افزایش مقدار استفاده از هر یک از عصاره‌های مورد مطالعه، امتیازات حسی طعم و رنگ (بویژه در عصاره فلفل قرمز) و بوی تیمارهای پسته (بویژه در عصاره فلفل دلمه‌ای) کاهش یافت. همچنین در طی زمان نگهداری با کاهش میزان رطوبت از میزان مطلوبیت طعم، رنگ و بو کاسته شد. با توجه به این که عصاره‌های با غلظت بالاتر به جهت دارا بودن میزان مواد موثره بیشتر از افزایش عدد پراکسید و تندی در طی نگهداری ممانعت می‌نمایند در طی زمان نگهداری میزان مطلوبیت حسی در این تیمارها از افت کمتری برخوردار می‌باشد. توکلی پور و

oxidative stress and genotoxicity in rat liver. *Cytotechnology*, 66: 457-470.

- [6] Basaran, P. 2009. Reduction of *Aspergillus parasiticus* on hazelnut surface by uv-c treatment. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 1857-1863.
- [7] Babaei, A., Tavafi, H., Manafi, M., Fahimifar, A. 2014. Comparing the in vitro antifungal activity of various *Aloe vera* leaf extracts on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin B1 production. *Journal of Kashan University of Medical Sciences*, 17(6): 537-544 [in Persian].
- [8] Birari, B.P., Gade, R., Chuodhari, R.K. 2018. Antifungal efficacy of plant extracts, biocontrol agents against *colletotrichum capsici* causing anthracnose of chilli. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5): 1368-1373.
- [9] Carole, K.A., Clément, K.K., Kamelé, K.Y., René, K.A., Rose, K.N. 2019. Effect of *Capsicum annum* L. and *Capsicum frutescens* L. varieties extracts on in vitro growth of fungal strains. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 11(2): 25-40.
- [10] Mohammadi, M., Salehi A, Ismailzadeh Kenari, R. 2015. Investigation of antioxidant properties of common red pepper extract in Iran. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 7(1): 54-45 [in Persian].
- [11] Zarringhalam, M., Zaringhalam, J., Shadnoush, M., Safaeyan, F., Tekieh, E. 2013. Inhibitory effect of black and red pepper and thyme extracts and essential oils on enterohemorrhagic *Escherichia coli* and DNase activity of *Staphylococcus aureus*. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 12(3): 363-369.
- [12] Chávez-mendoza, C., Sanchez, E., Muñoz-marquez, E., Sida-arreola, J.P., Flores-cordova, M.A. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different grafted varieties of bell pepper. *Antioxidants*, 4: 427-446.
- [13] Karsha, P.V., Lakshmi, O.B. 2010. Antibacterial activity of black pepper (*Piper nigrum* Linn.) with special reference to its mode of action on bacteria. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 1(2): 213-15.
- [14] Barsan, C., Kuntzjean, M., Pech, C. 2016. Isolation of chromoplasts and suborganellar compartments from tomato and bell pepper fruit. In: Taylor, N.L., Millar, A.H. Editors.

۴- نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که استفاده از عصاره‌های فلفل می‌تواند با فعالیت ضد قارچی خود سبب کاهش تولید آفاتوکسین و کاهش سرعت اکسیداسیون در پسته گردند و این در حالی بود که تیمارهای پسته فلفلی از نظر ویژگی‌های حسی نیز قابل قبول بودند. در مجموع با توجه به تمامی ویژگی‌های مورد بررسی می‌توان تیمار حاوی ۰/۵ درصد عصاره فلفل قرمز را به عنوان تیمار برتر معرفی نمود. از آنجایی که ترکیبات ضدقارچی موجود در عصاره فلفل بر روی رشد قارچ‌های مورد مطالعه دارای اثر مطلوبی بودند و با توجه به اهمیت کنترل رشد قارچی در این میوه و پیشگیری از مسمومیت‌های غذایی متعاقب مصرف مداوم پسته آلوده به آفاتوکسین، امید است که این پژوهش بتواند بستر مناسبی برای تداوم تحقیقات آتی باشد.

۵- منابع

- [1] Mortazavi, M., Tabatabai, F., Faraji, H., Arekosh, M. 2015. Evaluation of aflatoxin level of pistachio and the effect of physical and chemical properties. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 6(1): 45-53 [in Persian].
- [2] Bui-Klimke, T.R., Guclu, H., Kensler, T.W., Yuan, J.M., Wu, F. 2014. Aflatoxin regulations and global pistachio trade: Insights from social network analysis. *PloS one*, 9(3): e92149
- [3] Sultana, B., Naseer, R., Nigam, P. 2015. Utilization of agro-wastes to inhibit aflatoxins synthesis by *aspergillus parasiticus*: a bio treatment of three cereals for safe long-term storage. *Bioresource Technology*, 197: 443-450.
- [4] Tavakolipour, H., Javanmard, M., Zebjany, L. Comparison of the effect of sage extract and cumin in preventing toxogenicity of *Aspergillus flavus* in pistachio kernels. 2018. *Journal of Food Science and Technology*, 10(2): 37-45 [in Persian].
- [5] Sekena, H., Abdel-aziemaziza, M., Ezzeldein, S.H., Mohamed, A.E.D., Fathia, A.H., Mosaad, M. 2014. Ameliorative effects of thyme and calendula extracts alone or in combination against aflatoxins-induced

- extract against phytophthora spp. in tomato and pepper. *European Journal of Plant Pathology*, 148: 27-34.
- [22] Alizadeh-salteh S. 2015. Growth inhibition of *Aspergillus flavus* isolated from pistachio by secondary. *Journal of Nuts*, 6: 85-94.
- [23] Tavakolipour, H., Javanmard, M., Zirjany, L. 2012. Antiaflatoxigenic activity of pistachio kernel coated by whey protein based edible film incorporated with *Zataria multiflora* essential oil. *Journal of Food Science and Technology*, 36(9): 1-19 [in Persian].
- [24] Iranian National Standardization Organization. 2020. Food and Feed – Mycotoxins – Maximum tolerated level. 1st Revision, INSO no 5925 [in Persian].
- [25] Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A., Tabil, L.G. 2006. Some physical properties of pistachio (*Pistacia vera* L.) nut and its kernel. *Journal of Food Engineering*, 72: 30-38.
- [26] Sedaghat, N., Hashemi, N., Raei, M. 2007. Extraction of pistachio oil and investigation of its quality properties under storage and packaging conditions. *Proceedings of the First Iranian Congress on Processing and Packaging of Pistachio Nuts*; 2007 Dec 4; Mashhad, Iran [in Persian].
- [27] Iranian National Standardization Organization. 2016. Pistachio kernel specifications and test methods. INSO no 218 [in Persian].
- [28] Rahaie, S., Emam-Djomeh, Z., Razavi, S.H., Mazaheri, M. 2011. The ability of *Lactobacillus rhamnosus* LGG strain to reduce of aflatoxin B1 in pistachio. *Electronic Journal of Food Processing and Preservation*, 1(3): 51-64 [in Persian].
- Isolation of Plant Organelles and Structures. Humana Press, New York, 61-71.
- [15] Ghasemnezhad, M., Sherafat, G. A., Payvast, G. 2011. Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Food*, 3: 44-49.
- [16] Iranian National Standardization Organization (INSO). 2013. Nutrients - Measurement of group B and G aflatoxins by high performance liquid chromatography and purification by immunoaffinity column - Test method. 1st revision, INSO no 6872 [in Persian].
- [17] Iranian National Standardization Organization. 2015. Animal and vegetable fats and oils - Determination of peroxide value - Potentiometric end-point determination. 1st Edition, INSO no 19197 [in Persian].
- [18] Arunkumar, S., Muthuselvam, M. 2009. Analysis of phytochemical constituents and antimicrobial activities of aloe vera L. against clinical pathogens. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5: 572- 576.
- [19] Soumya, S.L., Nair, B.R. 2012. Antifungal efficacy of *Capsicum frutescens* L. extracts against some prevalent fungal strains associated with groundnut storage. *Journal of Agricultural Technology*, 8(2): 739-750.
- [20] Vijayalakshmi, A., Sharmila, R., Gowda, N.K.S., Sindhu, G. 2014. Study on antifungal effect of herbal compounds against mycotoxin producing fungi. *Journal of Agricultural Technology*, 10: 1587-1597.
- [21] Švecová, E., Colla, G., Crinò, P. 2017. Antifungal activity of *Boerhavia diffusa* L.



Comparing the Effects of Red, Black and Bell Pepper Extracts on Aflatoxin Production, Peroxide Value and Sensory Properties in Pistachio

Khamoushi, M.¹, Khani, M. R.^{2*}, Ghasemi Pirbalouti, A.³

1. MSc Graduate of Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Professor, Research Center for Medicinal Plants, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2020/ 11/ 29
Accepted 2021/ 05/ 22

Keywords:

Pistachio,
Aflatoxin,
Peroxide value,
Red Pepper,
Black Pepper,
Bell Pepper Extracts.

DOI: 10.52547/fsc.18.116.183

*Corresponding Author E-Mail:
m.khani@qodsiau.ac.ir

ABSTRACT

The most important safety and quality concern of pistachio export is its contamination with aflatoxin and oxidation and hydrolysis of fats. Therefore, this study is aimed at investigating the effects of red pepper, black pepper, and bell pepper extracts on the amount of aflatoxin production and oxidation process in pistachio and its sensory properties. For this purpose, the antifungal activity of pepper extracts was first evaluated, and then, after coating pistachio samples with each type of pepper extracts by 0.1, 0.5, and 1 % (v/w) including nine treatments and one control, *Aspergillus flavus* was inoculated to pistachio samples. Then, aflatoxin amount, peroxide value, and sensory properties were measured and evaluated during the days of first, 30th and 60th of storage. The results showed the highest radial growth of fungal mycelium in control and the lowest radial growth of colonies was observed in red pepper extract at concentration of 10^5 μ L/L, which had a significant difference with other concentration of this extract and with similar concentrations of black and bell pepper extracts ($P < 0.05$). The lowest amount of aflatoxin was obtained from treatments containing 1% of red pepper and black pepper extracts and highest in the control sample. Also, the results indicated that with increasing the extracts concentration, the peroxide value and sensory desirability decreased significantly. Treatment containing 0.5% of red pepper extract had the highest sensory desirability, and the extracts of 0.5% bell pepper and 0.5% black pepper were afterwards. The studied pepper extracts had a significant effect on reducing the amount of aflatoxin and improving the sensory properties of pistachio compared to the control during storage, and in general, pistachio sample coated with 0.5% red pepper extract is introduced as the best treatment.