مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

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

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

چکیده

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 عصاره های 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 و۶۰ نگهداری انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان رشد شعاعی میسلیوم قارچی در نمونه شاهد و کمترین میزان رشد قارچی در غلظت ۱۰ $\mu L/L$ عصاره فلفل قرمز مشاهده شد که با سایر غلظت‌های این عصاره و با غلظت مشابه عصارهای 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 تغذیه ای در بـین کشورهای تولید کننده این محصول از مرغوبیت ویژه‌ای برخوردار است [۱]. آلودگی قارچی پسته به گونه‌های کپک آسپرژیلوس و تولید آفلاتوکسین در آن‌ها باعث شده است که صادرات این محصول با ارزش به کشورهای اتحادیه اروپا و آمریکا با مشکلاتی مواجه گردد [۲]. آفلاتوکسین یکی از مهمترین و خطرناک‌ترین مایکوتوکسین‌ها است که عمدتاً در پی آلودگی مواد غذایی با کپک‌های آسپرژیلوس فلاووس[1] و آسپرژیلوس پارازیتیکوس[2] به وجود می‌آید و می‌تواند منجر به ایجاد بیماری آفلاتوکسیکوزیس در انسان شود. آفلاتوکسین تیپ‌های مختلفی دارد که در این میان آفلاتوکسین تیپ B_1 از همه سمیت بیشتری دارد و ماده‌ای سرطان‌زا، جهش‌زا و ناقص الخلقه‌زا می‌باشد [۳].

در حال حاضر حد مجاز آفلاتوکسین کشورهای عضو اتحادیه اروپا برای پسته آماده مصرف، به میزان ppb ۲ برای آفلاتوکسین نوع B_1 و ppb ٤ برای مجموع آفلاتوکسین‌ها است [٤]. به منظور حفظ سلامتی محصول و کاهش یا حذف آفلاتوکسین از پسته و سایر مواد غذایی، تاکنون اثر فرآیندهای حرارت‌دهی، اثر ازن محلول، اثر میدان مغناطیسی‌ایستا، اثرات باکتری‌های اسید لاکتیک، مخمر ساکارومایسس سرویزیه، سالسیلیک اسید، نانوکامپوزیت پلی استایرن- هیدروکسی آپاتیت به عنوان جاذب و عصاره‌های گیاهی نظیر آویشن بر روی میزان کاهش آفلاتوکسین 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 [٦].

بابایی و همکاران (۲۰۱٤) فعالیت ضد قارچی عصاره‌های مختلف برگ گیاه صبر زرد بر میزان رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و تولید آفلاتوکسین B_1 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 آفلاتوکسین B_1 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 ٤۵۰۰ پی‌پی‌ام و برای عصاره زیره سبز غلظت‌های بیشتر از ٦۰۰۰ پی‌پی‌ام باعث جلوگیری از تولید آفلاتوکسین در مغز پسته گردید [٤]. Birari و همکاران (۲۰۱۸) اثرات ضد میکروبی عصاره فلفل را بر ممانعت‌کنندگی باکتری سودوموناس فلورسنس[3] و قارچ تریکودرما[4] 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 آفلاتوکسین جلوگیری نموده است [۹].

فلفل قرمز چیلی[5] با نام علمی *Capsicum annuum* گیاهی است یک‌ساله و متعلق به تیره تاجریزی[6] 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، ترپینن، آلفا و بتا-پینن، لینالئول و ترپینئول می‌باشند [۱۱].

فلفل سیاه[7] با نام علمی *Piper nigarum* گیاه رونده گل دهنده‌ای از خانواده پیپراسه‌آ[8] یا فلفل سیاه است که برای میوه آن کشت می‌شود و معمولاً به صورت خشک شده و با رنگ

1. *Aspergillus flavus*
2. *Aspergillus parasiticus*

3. *Pseudomonas fluorescens*
4. Trichoderma
5. Chili pepper
6. *Solanaceae*
7. Black pepper
8. *Piperaceae*

تیره به عنوان ادویه و چاشنی استفاده می‌شود و دارای اثرات ضدمیکروبی بر علیه کپک‌ها می‌باشد [۱۲]. اثر فلفل سیاه به علت وجود ماده پیپریدین 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[1] 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. پلی فنول‌های شناخته شده در فلفل دلمه‌ای شامل چهار نوع کوئرستین، چهارده نوع لوتئین و دو نوع اپیجنین 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 قارچ های آسپرژیلوس و بر میزان تولید آفلاتوکسین و برخی ویژگی‌های شیمیایی و حسی در پسته رقم اکبری دامغان مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش ها

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 *PTCC 5006*[2] و آسپرژیلوس پارازیتیکوس *PTCC 5004* از سازمان پژوهش های علمی وصنعتی ایران تهیه شد. محیط کشت ها 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 آن ها از اتانول ۷۰ درصد (شرکت سیگما ساخت آمریکا) استفاده گردید، در ادامه فلفل‌ها به قطعات کوچکتر تبدیل و در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ روز در آون 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 ٦ با حلال الکلی مخلوط شدند. حلال مورد استفاده در این تحقیق مخلوطی از اتانول ۹٦ درصد و آب مقطر بود، که نسبت اختلاط به صورت (۷۵ درصد اتانول ۹٦ 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 ٤۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس با استفاده از فیلتر تحت خلاء (شرکت SH-Scientific ساخت کره جنوبی) عصاره به دست آمده صاف شد. سپس عصاره به دست آمده وارد دستگاه تبخیر کننده گردان[3] (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 [٤].

۲-۳- روش ارزیابی فعالیت ضد قارچی عصاره‌های فلفل

دو قارچ آسپرژیلوس فلاووس *PTCC 5006*[4] و آسپرژیلوس پارازیتیکوس *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 فن آزما ساخت ایران) در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند تا تولید اسپور کند. به منظور بررسی فعالیت ضد قارچی عصاره های استخراج شده توسط حلال از روش انتشار در پلیت آگار استفاده شد. بدین منظور غلظت‌های صفر، 10^{2}، 10^{3}، 10^{4} و 10^{5} 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 ٦۰ 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 سویه‌های استاندارد (در ابعاد ٤ میلی‌متر که با کولیس اندازه‌گیری شد) در هر پلیت مربوط به غلظت‌های مختلف عصاره‌ها، به صورت نقطه ای قرار داده شد و کشت‌ها

1. Bell pepper
2. Persian type collection center
3. Rotary evaporator
4. 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 میسلیوم قارچ ها 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

۱۰۰× قطر کلونی کنترل / قطر کلونی تیمار – قطر کلونی کنترل

۲-٤- 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 آفلاتوکسین 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 ٦۰ 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 آفلاتوکسین در پسته، پس از پوشش‌دهی نمونه‌های پسته با عصاره‌های فلفل قرمز، سیاه و دلمه‌ای نسبت به تلقیح قارچ اقدام شد و متعاقباً میزان آفلاتوکسین در طی روزهای اول، ۳۰ و ٦۰ نگهداری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

۲-۵- روش تلقیح قارچ به پسته

پسته ها تحت شرایط مناسب و در زیر هود بیولوژیک به مقدار ۱۰۰ گرم در پلیت‌های استریل که دارای قطر ۹۰ میلی‌متر بود، قرار داده شد. پسته ها 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 آسپرژیلوس 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 آسپرژیلوس فلاووس در بسته‌بندی پلی‌اتیلنی قرار داده شد و به مدت دو ماه در دمای محیط زیر هود نگهداری شد و قارچ ها پس از تطبیق شرایط خود با محیط پس از سپری شدن یک روز و برحسب غلظت‌های مختلف عصاره شروع به رشد کردند و میزان آفلاتوکسین در طی روزهای اول، ۳۰ و ٦۰ توسط کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) اندازه گیری شد [٤].

۲-٦- نحوه اندازه‌گیری میزان آفلاتوکسین

برای ارزیابی و تعیین مقدار آفلاتوکسین B_1 حاصل از قارچ آسپرژیلوس 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 آفلاتوکسین فرستاده شد. میزان آفلاتوکسین نمونه‌های پسته در روزهای اول، ۳۰ و ٦۰ اندازه گیری شد و میانگین میزان آفلاتوکسین مطابق با رفرنس موجود در استاندارد ملی ٦۸۷۲ (۲۰۱۳) مورد آنالیز قرار گرفتند [۱٦]. سم آفلاتوکسین موجود در پسته های تیمار شده با عصاره های فلفل بعد از پاکسازی از محیط کشت با استفاده از حلال متانول و آب به نسبت (۸:۲) از نمونه استخراج و به کمک ان-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 ایمونوافینیتی دارای آنتی بادی‌های ویژه آفلاتوکسین های گروه B عبور داده شد. با عبور عصاره رقیق شده از ستون، سم موجود در عصاره (آنتی ژن) به آنتی بادی های درون ستون متصل می‌گردد. سم متصل شده به آنتی بادی در درون ستون توسط عبور متانول از داخل ستون شسته شده و درون ویال جمع آوری گردیده و با آب رقیق گردید. تعیین مقدار با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا مطابق با روش بابایی و همکاران (۲۰۱٤) انجام گرفت [۷].

۲-۷- نحوه اندازه‌گیری عدد پراکسید و ارزیابی حسی پسته

تعیین عدد پراکسید به روش تیتراسیون با تیوسولفات سدیم بر اساس میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم مطابق با روش استاندار ملی به شماره ۱۹۱۹۷ (۲۰۱۵) اندازه‌گیری و گزارش شد[۱۷]، همچنین ویژگی های 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، ٤= خوب و ۵= بسیار خوب) توسط ۸ ارزیاب حسی نیمه آموزش دیده در طی روزهای ۳۰،۱ و ٦۰ نگهداری انجام گرفت.

۲-۸- 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 میسلیوم قارچ‌های آسپرژیلوس فلاووس و پارازیتیکوس معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). نتایج تاثیر عصاره‌های فلفل بر میزان رشد شعاعی میسلیوم 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 میسلیومی و کمترین درصد مهار رشد قارچی در غلظت صفر (شاهد) و کمترین میزان شعاع میسلیومی در غلظت $\mu L/L$ $۱۰^۵$ مشاهده شد و در این غلظت بین میزان رشد شعاعی میسلیوم قارچی در انواع عصاره‌های فلفل نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$). کمترین میزان رشد شعاع میسلیومی و بیشترین درصد مهار رشد قارچی بین عصاره‌های فلفل مورد مطالعه، در عصاره فلفل قرمز در غلظت $\mu L/L$ $۱۰^۵$ و بیشترین میزان رشد در همین غلظت به عصاره فلفل دلمه‌ای تعلق داشت ($p<۰/۰۵$). محدوده درصد مهار رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس در مقادیر عصاره $۱۰^۲$ تا $۱۰^۵$ میکرولیتر بر لیتر در عصاره فلفل قرمز از ۲٤ تا ۷۵ درصد، در عصاره فلفل سیاه از ۸ تا ۳۳ درصد و در عصاره فلفل دلمه ای از ۱۰ تا ۲۸ درصد بدست آمد ($p<۰/۰۵$). همچنین محدوده درصد مهار رشد قارچ آسپرژیلوس پارازیتیکوس در مقادیر عصاره $۱۰^۲$ تا $۱۰^۵$ 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 دلمه ای از ۷ تا ۲۵ درصد بدست آمد ($p<۰/۰۵$). 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 ($p<۰/۰۵$). 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 ($p\leq۰/۰۵$). 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 میسلیوم 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 $\mu L/L$ $۱۰^۵$ دیده شد که میزان رشد شعاعی میسلیوم آسپرژیلوس فلاووس (۱/٤ cm) و آسپرژیلوس پارازیتیکوس (۱/٦ cm) را نسبت به نمونه شاهد بدون عصاره (۵/۷cm-۵/٦) 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 $\mu L/L$ $۱۰^۵$ عصاره فلفل قرمز بود که تقریبا دو تا سه برابر مقدار مشابه عصاره فلفل سیاه و فلفل دلمه ای است که به ترتیب باعث درصد مهار رشد ۳۳ و ۲۸ درصدی قارچ آسپرژیلوس فلاووس و درصد مهار رشد ۳۰ و

۲۵ درصدی قارچ آسپرژیلوس پارازیتیکوس شدند. نتایج حاصله از این مطالعه می‌تواند اطلاعات پایه‌ای در زمینه کارآیی 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 می تواند به دلیل وجود کاپسایسین سبب مهار قارچ آسپرژیلوس فلاووس تا ۸۸/۲۳ درصد شود و همچنین دریافتند که با کاهش غلظت عصاره، درصد مهار رشد نیز کاهش می‌یابد [۱۹]. در تحقیق دیگری توسط Vijayalakshmi و همکاران (۲۰۱٤) در بررسی تاثیر ضدقارچی ترکیبات گیاهی مختلف مشاهده شد که اسانس فلفل (۰/۵ درصد)، زردچوبه (۰/۵ درصد) و اسانس اکالیپتوس از رشد پنی سیلیوم وروکوزوم به طور کامل و از رشد آسپرژیلوس پارازیتیکوس ٦۰ 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].

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 ($P < 0.05$).

۳-۲- 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 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 ٦۰ نگهداری میزان آفلاتوکسین در تیمارهای حاوی عصاره‌های فلفل با افزایش درصد هر یک از انواع عصاره‌ها (به غیر از عصاره فلفل در روز

٦۰) به طور معنی‌داری کاهش یافت (p<۰/۰۵). همچنین میزان آفلاتوکسین در پسته‌های 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>۰/۰۵). با این حال تیمارهای پسته حاوی عصاره های فلفل قرمز و فلفل سیاه از میزان آفلاتوکسین کمتری در مقایسه با فلفل دلمه‌ای در مقادیر مشابه برخوردار بودند (p≤۰/۰۵). با افزایش مقدار هر یک از عصاره‌های فلفل قرمز، فلفل سیاه و فلفل دلمه ای در طی روزهای ۳۰ و ٦۰ نگهداری (به غیر از تیمارهای فلفل دلمه‌ای در روز ٦۰) میزان آفلاتوکسین به طور معنی داری کاهش یافت (p≤۰/۰۵). 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 برکیلوگرم و با افزایش مقدار عصاره فلفل سیاه از ۱۲٤ به ۹۹ نانوگرم بر کیلوگرم کاهش یافت که در مقایسه با تیمارهای حاوی عصاره فلفل دلمه‌ای و نمونه شاهد از میزان آفلاتوکسین کمتری برخودار بودند (p≤۰/۰۵). لذا عصاره های فلفل قرمز و فلفل سیاه دارای بیشترین تاثیر بر روی کاهش میزان تولید آفلاتوکسین در تیمارهای پسته می‌باشند و در انتهای ماه دوم نگهداری، میزان آفلاتوکسین در تیمارهای حاوی ۱ درصد عصاره فلفل قرمز (۹۵/۳۳ نانوگرم بر کیلوگرم) و ۱ درصد عصاره فلفل سیاه (۹۹/٤۳ نانوگرم بر کیلوگرم) به طور معنی دار در مقایسه با سایر تیمارها و نمونه شاهد از کمترین میزان برخوردار بود و نمونه شاهد (۱٤۵/۸٦ نانوگرم بر کیلوگرم) بیشترین میزان آفلاتوکسین را در مقایسه با تیمارها به خود اختصاص داد ($p\leq$۰/۰۵). کاهش معنی دار میزان آفلاتوکسین تیمارهای پسته همراه با افزایش مقدار استفاده از عصاره های فلفل، با میزان ترکیبات موثره عصاره‌ها رابطه مستقیم دارد [۲۱]. برخی از ترکیبات عصاره‌های فلفل مانند آنزیم‌های مختلف از جمله آلیاز، آلکالین فسفاتازها، آمیلازها، کربوکسی پپتیدازها، کاتالاز، سلولاز، لیپاز، پراکسیداز می‌تواند در غلظت های مختلف بر تولید پروتئین‌های خارج سلولی قارچ، در طی مسیر بیوسنتز آنها و میزان تولید آفلاتوکسین تأثیرگذار باشد [۲۲]. توکلی پور و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی اثر ضدآفلاتوکسین‌زدایی 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 متابولیت‌ها می‌تواند میزان رشد آسپرژیلوس فلاووس را کاهش دهد که با یافته‌های تحقیق حاضر نیز همخوانی داشت [۲۳]. با توجه به استاندارد ملی شماره ۵۹۲۵ (۲۰۲۰) حداکثر میزان مجاز آفلاتوکسین B1 در پسته ppb ۵ در نظر گرفته شده است که میزان آفلاتوکسین تولید شده در تمامی تیمارها در حد مجاز استاندارد قرار داشت [۲٤].

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 1st	Day 30th	Day 60th
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).

۳-۳- نتایج عدد پراکسید پسته

بر اساس آنالیز واریانس، اثر تیمار (نوع و غلظت عصاره‌های فلفل) و زمان نگهداری بر تغییرات عدد پراکسید نمونه‌های پسته معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). با توجه به نتایج جدول ٤ مشاهده شد که میزان ترکیبات هیدروپرکسیدی تمامی نمونه‌های پسته در طی زمان روندی صعودی را طی نموده

است و در ٦٠ 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 ٣٠ و ٦٠ برخوردار بودند که در مقادیر مشابه در برخی موارد اختلاف آماری معنی دار بود ($p\leq$٠/٠٥). بین تیمارهای پسته حاوی عصاره فلفل سیاه و دلمه‌ای نیز عمدتاً پسته‌های تیمار شده با فلفل سیاه از میزان عدد پراکسید کمتری در مقایسه با فلفل دلمه‌ای برخوردار بودند ($p\leq$٠/٠٥). در روز اول ارزیابی، میزان عدد پراکسید در تمامی نمونه‌ها یکسان بودند و اختلافات معنی‌داری نداشتند ($p>$٠/٠٥). اما طی زمان نگهداری میزان عدد پراکسید در کلیه تیمارها با افزایش معنی‌داری مواجه بود، به طوریکه بالاترین میزان عدد پراکسید در تمامی نمونه ها در روز ٦٠ نگهداری مشاهده شد ($p\leq$٠/٠٥). با افزایش غلظت هر یک از عصاره‌های فلفل قرمز، فلفل سیاه و فلفل دلمه‌ای در مقایسه با غلظت کمتر خود – میزان عدد پراکسید به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq$٠/٠٥). عوامل مختلفی مانند نور، یون‌های فلزی و اکسیژن قادر به بالا بردن اندیس پراکسید می‌باشند. استفاده از عصاره‌های گیاهی به دلیل پوشش‌دهی سطح پسته و ممانعت از حضور بیشتر اکسیژن می‌تواند از افزایش میزان عدد پراکسید در طی دوره نگهداری ممانعت نماید. ترکیبات موثره موجود در عصاره‌های فلفل علاوه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی خود می‌توانند با ممانعت از فعالیت میکروبی و لیپولیز میکروبی بر میزان عدد پراکسید تیمارهای پسته در طی دوره نگهداری اثر معنی‌داری داشته باشند. ١٣/٥ درصد پسته را چربی‌ها تشکیل می‌دهند که بعد از پروتئین‌ها (با مقدار ١٩/٥ درصد) از بیشترین ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده در پسته به حساب می‌آیند و با توجه به اینکه اسیدهای چرب غالب پسته اسید لینولنیک و اسید لینولئیک می‌باشند، روغن پسته مستعد اکسیداسیون خودبخودی است [٢٥]. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد پسته‌هایی که از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دارای میزان بالای آفت‌زدگی و یا دارای آسیب‌دیدگی زیادی هستند مغز پسته آن‌ها نیز در برابر حمله قارچ‌ها آسیب‌پذیرتر می‌باشند و به علت آنکه قسمت‌های بیشتری از مغز (مخصوصا مغزهای بدون پریکارپ) در ارتباط بیشتر با هوا و نور می‌باشند واکنش‌هایی اکسیداسیون چربی‌ها افزایش می‌یابد [٢٦]. همانطور که ملاحظه شد در انتهای ماه دوم نگهداری، میزان عدد پراکسید در تیمارهای حاوی مقادیر ١ درصد فلفل قرمز، فلفل سیاه و فلفل دلمه‌ای (به ترتیب ٤/١١، ٤/٣١ و ٤/٣٤ میلی اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم) در کمترین میزان بود که اختلاف آماری این سه تیمار با یکدیگر معنی‌دار نبود و در نمونه شاهد (٦/٨٦ میلی‌اکی والان اکسیژن بر کیلوگرم) دارای بیشترین میزان بود که با سایر تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری داشتند ($p\leq$٠/٠٥). در تحقیق حاضر مشاهده گردید که تمامی نمونه‌ها از نظر میزان پراکسید در چربی استخراجی غیر قابل قبول (بیش از ١ $meqO_2/kg$) بودند [٢٧]. 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 (٢٠١١) در بررسی توانایی سویه لاکتوباسیلوس رامنوسوس LBGG جهت کاهش آفلاتوکسین B_1 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 [٢٨].

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 1st	Day 30th	Day 60th
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).

۳-٤- 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 ($p<۰/۰۵$). 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 ($p\leq۰/۰۵$). همچنین در طی زمان نگهداری میزان مطلوبیت حسی طعم، رنگ و بوی تیمارهای پسته به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p\leq۰/۰۵$). 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 ٦۰) همانند نمونه شاهد در طی مدت نگهداری از امتیاز طعمی خوب (بالای ٤) 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 ٦۰ 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 ٦۰) در طول مدت نگهداری از امتیاز رنگی خوبی (بالای ٤) برخودار 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 ٦۰) در طول مدت نگهداری از امتیاز بوی خوب (بالای ٤) 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 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].

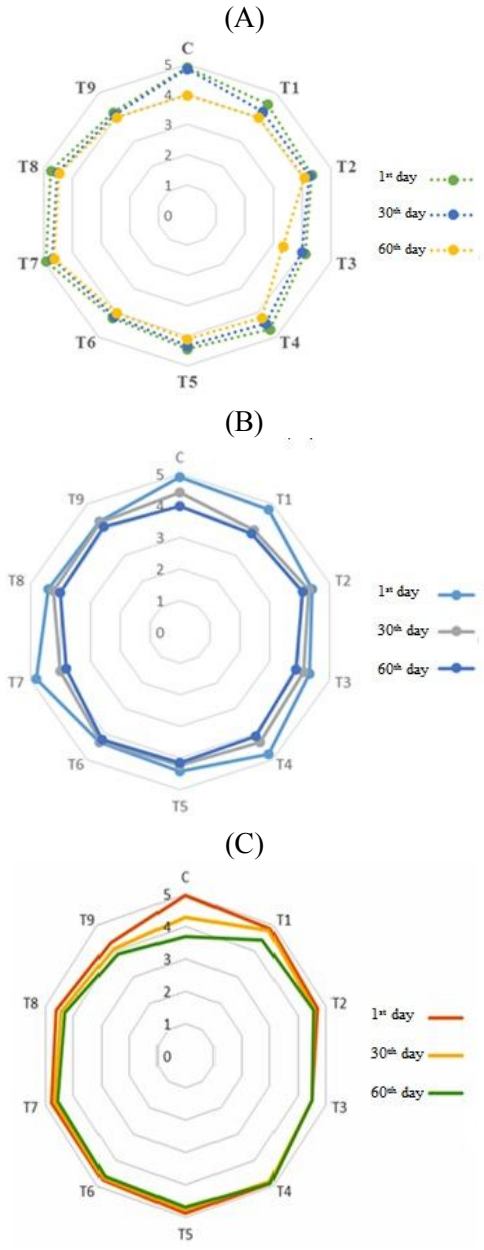

Fig 1 Sensory evaluation of taste (A), color (B) and odor (C) in pistachio treatments during storage (C = control sample, T1 = pistachio with 0.1% red pepper extract, T2 = pistachio with 0.5% red pepper extract, T3 = pistachio with 1% red pepper extract, = T4 pistachio with 0.1% of black pepper extract,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

٤- نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که استفاده از عصاره‌های فلفل می‌توانند با فعالیت ضد قارچی خود سبب کاهش تولید آفلاتوکسین 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 آفلاتوکسین، امید است که این پژوهش بتواند بستر مناسبی برای تداوم تحقیقات آتی باشد.

٥- 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., Zebrjany, 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 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 annuum* 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] Zarrringhalam, 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.

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 andantioxidant 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. 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 multiflura* 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].

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

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

ARTICIE 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/fsct.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. Therfore, 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 µL/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 obtianed 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.