

زمان تشکیل و خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان به عنوان منابع آلودگی به آفلاتوکسین در سه رقم تجاری پسته در استان کرمان

محمد مرادی^۱، علی تاج آبادی پور^۲، سیدرضا فانی^۳

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۹

چکیده

پسته‌های زودخندان از مهم‌ترین کانون‌های آلودگی پسته به قارچ‌های مولد آفلاتوکسین در باغ به شمار می‌روند. اطلاع از زمان تشکیل این نوع پسته‌ها در باغ و نیز خصوصیات ظاهری و فیزیکی پسته‌های زودخندان به منظور شناسایی آن‌ها و یافتن راه‌هایی جهت حذف در مرحله فراوری از اهمیت خاصی برخوردار است. بدین منظور زمان تشکیل پسته‌های زودخندان در سه رقم تجاری اوحدی، کله‌قوچی و احمدآقایی در دو منطقه کشکوئیه و نوق شهرستان رفسنجان طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ مطالعه قرار گرفت و خصوصیات فیزیکی آن‌ها شامل وزن تر و خشک و رطوبت نسبی میوه پسته و اجزای آن و طول، عرض و قطر پسته‌های زودخندان اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد پسته‌های زودخندان در رقم کله‌قوچی زودتر تشکیل می‌شوند. بیش‌ترین در صد تشکیل پسته‌های زودخندان در فاصله زمانی ۱۵ روز قبل از برداشت اتفاق افتاد. میزان رطوبت پسته بدون پوست سبز و میزان رطوبت پوست سبز در پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف به ترتیب حدود ۲۷ و ۶۵ در صد بود در حالی که در پسته‌های زودخندان با پوست نیمه‌خشک به ترتیب حدود ۲۲ و ۵۰ در صد و در پسته‌های زودخندان با پوست خشک به ترتیب ۱۴ و ۳۱ در صد اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین و کم‌ترین وزن، طول، عرض و قطر پسته خشک متعلق به پسته‌های زودخندان با پوست نرم صاف و پسته‌های زودخندان با پوست نیمه‌خشک و خشک به ترتیب بود. مقایسه اجزای مختلف میوه پسته از نظر میزان آفلاتوکسین کل (B_1 , B_2 , G_1 , G_2) نشان داد که بیش‌ترین مقدار مربوط به مغز است و در پوست سبز هیچ یک از نمونه‌های مورد بررسی آفلاتوکسین ردیابی نشد. به طور کلی مقدار آفلاتوکسین مغز در دو باغ مورد مطالعه در ارقام اوحدی، کله‌قوچی و احمدآقایی به ترتیب ۱۲، ۲۵ و ۲۱ برابر مقدار آن در پوست استخوانی بود.

واژگان کلیدی: آفلاتوکسین، ایمنی غذایی، آسپرژیلوس، کله قوچی

^۱ استادیار بخش گیاه پزشکی، پژوهشکده پسته.

^۲ استادیار بخش باغبانی، پژوهشکده پسته.

^۳ استادیار بخش گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی یزد، ایران.

مقدمه

پسته از جمله با ارزش‌ترین و مهم‌ترین محصولات باغی کشور است. به دلیل شرایط مناسب اقلیمی برای کشت و پرورش، پسته ایران دارای مرغوبیت بالایی بوده و از نظر کیفیت نیز در بین رقبای خارجی خود کم‌نظیر است. از مسائلی جدی که صادرات و مصرف این محصول را در معرض خطر قرار داده است، وجود زهرا به آفلاتوکسین در پسته‌های تولیدی است. آفلاتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که بیشتر توسط گونه‌های قارچی *Aspergillus flavus* و *A. parasiticus* تولید می‌شوند. به طور معمول تولید آفلاتوکسین‌ها قبل از برداشت محصول و تحت شرایط باغی صورت می‌گیرد (۱۶). تأخیر در زمان برداشت، عدم فرآوری مناسب محصول و شرایط نامناسب انبارداری می‌تواند به تشدید رشد قارچی و تولید آفلاتوکسین منجر شود (۱۳ و ۱۷). تولید آفلاتوکسین توسط گونه‌های مختلف آسپرژیلوس در طبیعت عمومیت داشته و بسیار گسترده است. غالباً در پی استمرار شرایط رطوبتی محیط، تنش‌های محیطی مانند خشکی یا رفع موانع ورود قارچ، میزبان‌های این قارچ نسبت به آلودگی حساس می‌شوند (۶).

پوست سبز پسته^۱ به عنوان یک سد فیزیکی در برابر آلودگی مغز پسته به انواع قارچ‌ها عمل می‌کند. تحت شرایط غیرطبیعی، پوست سبز رویی ترک‌خورده و مغز در معرض هوا قرار می‌گیرد، این امر ممکن است منجر به آلودگی قارچی گردد. پسته‌های زود خندان^۲ پسته‌هایی غیرطبیعی هستند که پوست سبز در امتداد شیار خندانی پوست استخوانی شکاف برداشته و مغز پسته به طور مستقیم در معرض هجوم قارچ‌ها قرار می‌گیرد. پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که پسته‌های زودخندان با پوست سبز خشک و نیمه‌خشک و ترک‌خورده نامنظم با پوست سبز خشک کیفیت پایینی داشته، غالباً آلوده به کپک‌ها و آفات بوده و غلظت آفلاتوکسین آن‌ها نیز بالاست (۸ و ۱۲). آلودگی قارچی و غلظت بالای آفلاتوکسین در پسته‌های زودخندان به خصوص با پوست خشک و نیمه‌خشک نشان دهنده شروع آلودگی به قارچ‌های توکسین‌زا در شرایط باغی است. این موضوع توسط محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (۲، ۹، ۱۰، ۱۴، ۱۵، ۲۱ و ۲۲).

مهم‌ترین اقدام برای کاهش آلودگی آفلاتوکسین در پسته تعیین منابع آلودگی و در نظر گرفتن ویژگی‌های ظاهری آن‌ها در مراحل مختلف و غربال آن‌ها جهت کاهش خطر آلودگی به آفلاتوکسین است (۱۱، ۱۶، ۱۷ و ۱۹). زودخندانی که یکی از مراحل مهم آلودگی پسته به شمار می‌رود، در میوه‌هایی به وجود می‌آید که پوست رویی آن‌ها در طول شیار خندانی پوست

¹ Hull

² Early split

استخوانی و زودتر از موعد شکاف برمی‌دارد و این امر باعث می‌شود مغز پسته در معرض کپک‌ها و حشرات آفت قرار گیرد (۱۱، ۱۷ و ۲۲).

حضور *A. flavus* روی میوه‌های پسته قبل از برداشت به اثبات رسیده و این موضوع با در معرض قرار گرفتن مغز میوه پسته (در اثر شکاف خوردن پوست سبز) به اسپوره‌های هوازاد قارچ ارتباط دارد (۱۷ و ۲۲). همچنین آلودگی به *A. flavus*، *A. parasiticus* و آفلاتوکسین در پسته‌های زودخندان آلوده به پروانه آفت کرم پرتقال نافی (NOW) ^۱ بیشتر از پسته‌های زود خندان غیرآلوده به این آفت است. این نکته قابل ذکر است که پسته‌های دارای پوست سبز سالم و دهن‌بست، عاری از آفلاتوکسین می‌باشند (۲۱).

سومر و همکاران (۲۱) بیان کردند که برخی از پسته‌ها، قبل از برداشت به گونه‌های *A. flavus* و *A. parasiticus* آلوده شده و مقدار آفلاتوکسین در پسته‌های زودخندان آلوده به آفت کرم پرتقال نافی بیشتر از پسته‌های زود خندان غیرآلوده به این آفت است، در ضمن پسته‌های دارای پوست سبز سالم (بدون ترک‌خوردگی) عاری از آفلاتوکسین است. آن‌ها اظهار کردند به علت شکاف برداشتن پوست سبز و پوست استخوانی در پسته‌های دهان بسته، این نوع پسته‌ها به آفلاتوکسین آلوده نیستند. داستر و میکائیلیدس (۱۰) با نمونه‌برداری در زمان برداشت از ۳ باغ تجاری پسته در ایالت کالیفرنیا، مقدار آفلاتوکسین، وزن تر میوه، رنگ‌گیری پوست استخوانی، طول و عرض پوست استخوانی را در پسته با پوست نرم^۲، پوست چروکیده و خشک^۳ و پسته‌های زودخندان با پوست ترک‌خورده نامنظم و پسته‌های سالم مورد بررسی قرار دادند، پسته‌های زود خندان با پوست رویی چروکیده بیشتر از دو برابر به *A. niger* و بیشتر از ۳ برابر به *A. parasiticus* و *A. flavus* نسبت به پسته‌های زود خندان با پوست رویی نرم آلوده بودند. پسته‌های آلوده به آفت NOW، ۸۴ درصد کل آفلاتوکسین را به خود اختصاص دادند. پوست سبز پسته‌های زودخندان اغلب مقدار کمی آفلاتوکسین داشتند. داستر و میکائیلیدس (۱۱) با نمونه‌برداری از باغ‌های تجاری در مراحل برداشت و فرآوری پسته، میوه‌ها را از نظر رنگ‌گیری عمومی پوست استخوانی تقسیم‌بندی نمودند. آن‌ها گزارش کردند که ویژگی‌های پوست استخوانی می‌تواند در مراحل مختلف فرآوری جهت جداسازی و حذف میوه‌های دارای کیفیت پایین کمک کند تا بتوان میوه‌های باکیفیت بالاتر را برای فروش به مصرف‌کننده عرضه نمود.

¹ *Amyelois transitella*

² Smooth hull

³ Shriveled and dry hull

زمان تشکیل و خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان ...

داستر و میکائیلیدس (۸) درصد پسته‌های زودخندان را در پسته رقم کرمان از ۰/۶ تا ۸/۲ درصد و ۰/۸ تا ۵/۸ درصد به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ تعیین نمودند. تاج‌آبادی‌پور (۱) در برر سی ۱۷ رقم پسته ایران گزارش کرد زودخندانی در ارقام قزوینی زودرس، شاه‌پسند، قزوینی متوسط‌رس و اوحدی وجود نداشته و درصد پسته‌های زودخندان در ارقام ایتالیایی، احمدآقایی، اکبری، کله‌قوچی و قزوینی دیررس کمتر از یک درصد است، ضمن این که بالاترین درصد زودخندانی مربوط به ارقام لک سیریزی، ممتاز تاج‌آبادی و ابراهیم‌آبادی بوده و در صد زودخندانی در ارقام تجاری پسته ایران (اوحدی، کله‌قوچی، احمدآقایی و اکبری) را کمتر از یک درصد گزارش کرده است. نحوه پراکندگی و منابع آفلاتوکسین در یک توده پسته اول اینکه در تعیین و وضعیت آلودگی توده پسته اهمیت داشته و دوم اینکه نقش سورتینگ (sorting) یا جدا سازی مجدد را در کاهش آلودگی مشخص می‌نماید. در این خصوص تعدادی از محققین سعی نموده‌اند جنبه‌های مختلف این موضوع را مورد بررسی قرار دهند (۵، ۷ و ۱۷).

این پژوهش با توجه به اهمیت پسته‌های زودخندان در آلودگی اولیه به قارچ‌های جنس آسپرژیلوس و آفلاتوکسین و ضرورت برنامه‌ریزی لازم برای حذف این کانون‌های آلودگی در مراحل فرآوری به منظور اطلاع از زمان تشکیل این نوع پسته‌ها در باغ و نیز خصوصیات ظاهری و فیزیکی پسته‌های زودخندان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

انتخاب باغ و درخت

از دو باغ پسته تقریباً ۲۵ ساله در مناطق نوق و کشکوئیه با وضعیت مناسب باغبانی، آبیاری، تغذیه و کنترل آفات واقع در شهرستان رفسنجان، دارای سه رقم تجاری اوحدی، کله‌قوچی و احمدآقایی نمونه برداری شد. از هر رقم پنج درخت به طور تصادفی انتخاب و برای آزمایشات پلاک‌گذاری شدند.

بررسی خصوصیات ظاهری و فیزیکی پسته‌های زودخندان

از اواسط مرداد طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ با مراجعه به باغ‌های مورد نظر، زمان شروع تشکیل پسته‌های زودخندان (پسته‌هایی که دارای شکافتگی پوست سبز در محل خندانی پوست استخوانی هستند) روی هر رقم تعیین و با بستن نوارهای رنگی مختلف به دم میوه در فواصل زمانی دو هفته‌ای از نیمه دوم مرداد تا نیمه دوم شهریور مشخص شدند. برداشت محصول با توجه به عرف منطقه در آخر شهریور هر سال انجام گرفت. ابتدا پسته‌های زودخندان دارای نوارهای رنگی یکسان در هر درخت به طور جداگانه برداشت و شمارش گردیدند، سپس کل محصول درخت با دقت و بدون آسیب رساندن به پوست رویی

میوه برداشت گردید. تمامی پسته‌های برداشت شده هر درخت مورد بازبینی قرار گرفت و پسته‌های زودخندان و پسته‌های کل هر درخت جداسازی و شمارش شدند. پسته‌های زودخندان تشکیل شده در زمان‌های مختلف به طور جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شد و از لحاظ ظاهر پوست سبز رویی به سه گروه پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف، پسته‌های زودخندان با پوست چروکیده و نیمه‌خشک و پسته‌های زودخندان با پوست خشک تقسیم‌بندی شدند و تعداد پسته‌های هر گروه ثبت گردید. در هر رقم فراوانی تشکیل پسته‌های زودخندان در زمان‌های مختلف نسبت به میزان کل تشکیل شده آن در زمان‌های مختلف محاسبه گردید و به صورت درصد بیان گردیده است. سپس پوست رویی پسته‌های هر گروه با دست جدا و پوست رویی و پسته تر بدون پوست رویی به طور جداگانه به وسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. برای خشک کردن، نمونه‌ها در آون با دمای ۶۰°C به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و سپس وزن پوست رویی و پسته خشک هر گروه اندازه‌گیری گردید. با انتخاب تصادفی ۲۰ عدد از پسته‌های خشک هر گروه، طول، عرض و قطر پسته خشک به وسیله کولیس اندازه‌گیری شد و میانگین طول، عرض و قطر پسته‌های هر گروه به دست آمد.

اندازه‌گیری آفلاتوکسین در نمونه‌های پسته و جدایه‌های *A. flavus*

سنجش مقدار آفلاتوکسین در میوه‌های پسته و همچنین توانایی تولید آفلاتوکسین در جدایه‌های *A. flavus* با استفاده از روش کروماتوگرافی لایه نازک با کارایی بالا (HPTLC) انجام شد. جدایه‌های قارچی ابتدا در ظروف پتری حاوی محیط PDA^۱ کشت و به مدت ۱۰ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند تا اسپورزایی صورت گیرد. توانایی تولید آفلاتوکسین در جدایه‌های *A. flavus* با استفاده از بستر آرد برنج انجام شد (۲۳). برای استخراج آفلاتوکسین، به ازای هر گرم از نمونه پسته، ۵ میلی‌لیتر متانول ۵۵٪، ۲ میلی‌لیتر آن-هگزان و ۸۰ میلی‌گرم کلرید سدیم و برای نمونه‌های برنج به محتوای هر ارلن (۱۰ گرم آرد برنج) ۳ گرم کلرید سدیم و ۱۲۵ میلی‌لیتر متانول ۵۵٪ اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰-۴۵ دقیقه در دستگاه شیکر با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه قرار گرفتند. بعد از صاف نمودن نمونه‌ها، محلول استخراج شده داخل قیف جداکننده ریخته شد و به همان حجم کلروفرم اضافه گردید. محتوای هر قیف جداکننده به مدت ۳ دقیقه به شدت هم زده شد تا انتقال آفلاتوکسین از فاز متانولی به فاز کلروفرم صورت پذیرد. پس از جداسدن کامل دو فاز موجود در قیف جداکننده، لایه مربوط به فاز کلروفرمی در سیستم تبخیر کننده دوار در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد تبخیر شد تا حجم محلول به حدود ۱ میلی‌لیتر رسید. مقدار باقی‌مانده به یک ویال کوچک منتقل و تبخیر کامل حلال به وسیله عبور گاز از روی محلول

^۱ Potato Dextrose Agar, Merek, Germany

زمان تشکیل و خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان ...

تغلیظ شده انجام گرفت. برای آنالیز سم آفلاتوکسین در نمونه‌ها، به هر ویال ۴۰۰ میکرولیتر حلال نقطه‌گذاری برای پسته (شامل مخلوطی از آن هگزان، کلروفرم و استون با نسبت‌های حجمی ۹۰ : ۵ : ۵) و بدون آن - هگزان برای برنج اضافه و محتوای آن ورتکس شد. نقطه‌گذاری به کمک سرنگ مخصوص (Capillary dispenser) روی صفحه سیلیکاژل HPTLC (F₂₅₄) صورت گرفت. برای بررسی کمی و کیفی آفلاتوکسین، روی هر صفحه مخلوطی از آفلاتوکسین‌های استاندارد گروه B و G نیز نقطه‌گذاری شد. پلیت‌ها در تانک حاوی حلال جداسازی و محلول ظهور (شامل کلروفرم و استون با نسبت حجمی ۹۰ : ۱۰ و تاریکی) قرار داده شدند. پس از جداسازی اجزاء نمونه (زمانی که سطح فاز متحرک به حدود ۲-۱ سانتی‌متری انتهای فوقانی پلیت رسید)، برای تبخیر فاز متحرک پلیت‌ها مدت کوتاهی در تاریکی قرار داده شدند و سپس در طول موج ۳۶۶ نانومتر پرتو ماوراءبنفش در دستگاه (UV Cabinet, CAMAG, Switzerland) قرار گرفتند. از دستگاه چگالی سنج (Scanner3, CAMAG, Switzerland) و نرم افزار CATS نیز برای سنجش کمی آفلاتوکسین نمونه‌ها استفاده گردید (۲۲). برای اطمینان از درستی نتایج، آزمایش در دو تکرار انجام شد. میزان آفلاتوکسین اجزای پسته‌های زودخندان، شامل پوست رویی، پوست استخوانی و مغز به صورت مجزا و نسبت به منحنی استاندارد سنجیده شد..

محاسبات آماری

داده‌های حاصله با نرم افزار آماری MSTATC در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد آنالیز آماری قرار گرفت و میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. مقایسه مقدار آفلاتوکسین در دو منطقه مورد بررسی بر اساس آزمون کی دو (Chi-squared test) و با استفاده از نرم افزار آماری SPSS صورت گرفت.

نتایج

زمان شروع تشکیل پسته‌های زود خندان در باغ

بر اساس نتایج حاصل از اجرای این تحقیق، زمان شروع تشکیل پسته‌های زودخندان در ارقام مختلف، متفاوت بود و اولین و دیرترین پسته‌های زودخندان به ترتیب در ارقام کله‌قوچی و احمدآقایی دیده شدند. مقایسه دو منطقه از نظر زمان شروع تشکیل پسته‌های زودخندان نشان داد که اولین زمان ظهور پسته‌های زودخندان طی دو سال آزمایش اواسط مرداد ماه بود.

میزان تشکیل پسته‌های زودخندان

نتایج نشان داد میزان کل تشکیل پسته‌های زودخندان (مجموع پسته‌های زودخندان با پوست نرم، صاف، چروکیده و خشک) در مرداد در رقم احمد آقایی ۶ درصد بود که اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد با ارقام اوحدی و کله قوچی به ترتیب با ۲۴/۴ و ۱۹/۳ درصد زودخندانی داشت. کمترین میزان زودخندانی در نیمه اول شهریور مربوط به رقم احمدآقایی (۲۱ درصد) بود که با ارقام اوحدی و کله قوچی اختلاف معنی‌داری داشت. برعکس بیش‌ترین میزان تشکیل پسته‌های زودخندان در نیمه دوم شهریور مربوط به رقم احمدآقایی بود (۸۲/۸ درصد) که اختلاف معنی‌داری با ارقام کله‌قوچی و اوحدی به ترتیب با ۵۵/۸ و ۵۱ درصد زودخندانی داشت (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میزان تشکیل پسته‌های زودخندان* در ارقام مورد بررسی در زمان‌های مختلف

زودخندان	رقم	مرداد	نیمه اول شهریور	نیمه دوم شهریور
	اوحدی	۲۴/۴ a	۲۴/۵ a	۵۱ b
کل	کله قوچی	۱۹/۳ a	۲۴/۹ a	۵۵/۸ b
	احمد آقایی	۶/۱ b	۱۱/۱ b	۸۲/۸ a
	اوحدی	۱۸ a	۲۲/۲ a	۵۹/۷ c
با پوست نرم	کله قوچی	۷/۲ b	۲۲/۵ a	۷۰/۴ b
	احمدآقایی	۵/۸ b	۹/۷ b	۸۴/۴ a
با پوست	اوحدی	۲۵/۵ ab	۴۳/۱a	۳۱/۳ a
نیمه‌خشک و خشک	کله قوچی	۳۹/۸ a	۲۱/۳ a	۳۹ a
	احمدآقایی	۱۶/۷ b	۳۹/۹ a	۴۳/۴ a

در صفت زودخندانی و زمان تشکیل، داده‌ها به صورت مجزا آنالیز گردید. اعدادی که دارای حروف متفاوت هستند از لحاظ آماری در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

نتایج میزان تشکیل پسته‌های زودخندان با پوست نرم نشان داد که بیش‌ترین میزان زودخندانی در مرداد و نیمه اول شهریور مربوط به رقم اوحدی (۱۸ درصد) بود و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با ارقام کله‌قوچی و احمدآقایی داشت (جدول ۲). هرچند در زمان دوم بین ارقام اوحدی و کله‌قوچی تفاوتی مشاهده نگردید. بر اساس نتایج به دست آمده، میزان پسته‌های زودخندان با نزدیک شدن به زمان برداشت افزایش می‌یافت به نحوی که فراوانی تشکیل پسته‌های زودخندان در مرداد، نیمه اول و دوم شهریور به ترتیب از ۵/۸ تا ۱۸، ۹/۷ تا ۲۲/۵ و ۵۹/۷ تا ۸۴/۴ درصد متغیر بود. در نیمه دوم شهریور بیش‌ترین میزان تشکیل پسته‌های زودخندان در رقم احمدآقایی (۸۴/۴ درصد) و کمترین میزان مربوط به رقم اوحدی

زمان تشکیل و خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان ...

(۵۹/۷ درصد) بود. به طور کلی در زمان‌های مختلف مورد بررسی تفاوتی از نظر آماری بین پسته‌های زودخندان ارقام با پوست سبز چروکیده و خشک مشاهده نگردید (جدول ۲).

خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان

خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان در رقم اوحدی: نتایج حاصل از اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان در رقم اوحدی نشان داد پسته‌های زودخندان با پوست خشک دارای کمترین وزن تر با پوست سبز، وزن تر بدون پوست سبز (به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۴۵ گرم) بوده و اختلاف معنی‌داری با پسته‌های زودخندان با پوست نیمه خشک و سالم داشتند. وزن خشک پسته‌های زودخندان با پوست چروکیده و خشک (۰/۳۹ گرم) کمترین مقدار بود که اختلاف معنی‌داری با وزن خشک پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف (۰/۶۳ گرم) داشت. میزان رطوبت پسته‌های زودخندان با پوست خشک (۱۲/۲ درصد) اختلاف معنی‌داری با میزان رطوبت پسته‌های زودخندان با پوست نرم و با پوست خشک (به ترتیب ۲۹/۶ و ۲۳/۴ درصد) داشت. وزن تر و خشک پوست سبز نیز در پسته‌های زودخندان با پوست خشک کمترین مقدار (به ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۱۱ گرم) بود و اختلاف معنی‌داری با پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف و نیمه خشک داشت. میزان رطوبت پوست سبز در پسته‌های زودخندان با پوست خشک ۳۲/۹ درصد بود و اختلاف معنی‌داری با پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف (۶۳/۴ درصد) داشت. اگرچه طول و عرض و قطر پسته‌های زودخندان با پوست سبز نسبت به پسته‌های زودخندان با پوست نیمه خشک و خشک بیشتر بود ولی تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت (جدول ۲).

خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان در رقم کله قوچی: نتایج مربوط به خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان در رقم کله قوچی نشان داد پسته‌های زودخندان با پوست خشک دارای کمترین وزن تر پوست سبز و وزن تر بدون پوست سبز (به ترتیب ۰/۸ و ۰/۶ گرم) بود و اختلاف معنی‌داری با پسته‌های زودخندان با پوست نرم و نیمه خشک داشتند. اختلاف وزن تر با پوست سبز در پسته‌های زودخندان با پوست نرم (۱/۸۹ گرم) با پسته‌های زودخندان با پوست نیمه خشک (۱/۲۴ گرم) نیز معنی‌دار بود. اختلاف معنی‌داری بین پسته‌های زودخندان با پوست نرم، نیمه خشک و خشک از لحاظ وزن پسته خشک و میزان رطوبت پسته وجود نداشت. وزن تر پوست سبز پسته‌های زودخندان با پوست نرم (۰/۷۱ گرم) اختلاف معنی‌داری با پسته‌های زودخندان با پوست نیمه خشک و خشک (به ترتیب ۰/۳۳ و ۰/۱۹ گرم) داشت و همچنین اختلاف معنی‌داری بین وزن خشک پوست سبز پسته‌های زودخندان با پوست نرم، نیمه خشک و خشک وجود

نداشت. میزان رطوبت پوست سبز در پسته‌های زودخندان با پوست خشک کمترین مقدار (۲۵/۷ درصد) بود و اختلاف معنی‌داری با سایر پسته‌های زودخندان داشت. طول، عرض و قطر پسته‌های زودخندان با پوست نرم بیشترین و در پسته‌های زودخندان با پوست خشک کمترین مقدار بود. اگرچه تنها در مورد قطر پسته اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲).

خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان در رقم احمدآقایی: نتایج حاصل از مطالعه خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان در رقم احمدآقایی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین پسته‌های زودخندان با پوست نرم، نیمه‌خشک و خشک از لحاظ وزن تر پسته با پوست سبز وجود دارد. بیشترین وزن مربوط به پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف (۱/۹۹ گرم) و کمترین وزن مربوط به پسته‌های زودخندان با پوست خشک (۰/۸۱ گرم) بود. این حالت در مورد وزن تر پسته بدون پوست سبز نیز صادق بود. میزان رطوبت پسته‌های زودخندان با پوست نرم بیشترین مقدار (۲۹/۲ درصد) و اختلاف معنی‌داری با پسته‌های زودخندان با پوست نیمه‌خشک و خشک (به ترتیب ۱۹/۳ و ۱۷/۹ درصد) داشت. تفاوت‌های بین وزن تر و خشک پوست سبز پسته‌های زودخندان با پوست نرم، نیمه‌خشک و خشک معنی‌دار بود. میزان رطوبت پوست سبز نیز در پسته‌های زودخندان با پوست نرم، نیمه‌خشک و خشک به ترتیب ۷۰/۴، ۴۸/۸، ۳۴/۸ درصد بود. طول، عرض و قطر پسته‌های زودخندان با پوست خشک به ترتیب با ۱۳/۷ و ۱۰/۴ و ۹/۴ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری با پسته‌های زودخندان با پوست نرم داشت (جدول ۲).

سنجش آفلاتوکسین‌های گروه B و G در قسمت‌های مختلف میوه پسته نشان داد در مغز پسته میزان آلودگی نسبت به پوست استخوانی بیشتر بود (شکل ۲) ضمن این که در پوست سبز آفلاتوکسین قابل ردیابی نبود. میزان آفلاتوکسین در مغز ۶۴۶/۵-۴۳۴۷ و در پوست استخوانی ۱/۴۴-۳۸۵/۴ نانوگرم در گرم بود. در ارقام اوحدی، کله قوچی و احمدآقایی میزان آفلاتوکسین مغز نسبت به پوست استخوانی به ترتیب ۱۲، ۲۵ و ۲۱ برابر بود.

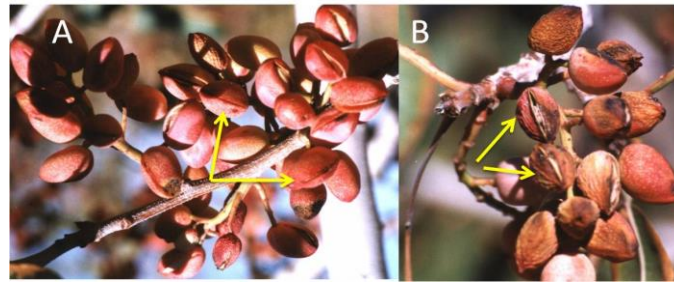
نتایج هم‌چنین حاکی از تفاوت معنی‌دار بین دو منطقه مورد بررسی از نظر میزان آفلاتوکسین کل در مغز ($X^2_{5, 0.05} = 120.42, p < 0.0001$) و پوست استخوانی ($X^2_{5, 0.05} = 2438.4, p < 0.0001$) بود. به غیر از رقم کله‌قوچی، مقادیر آفلاتوکسین در دو رقم اوحدی و احمدآقایی در دو منطقه نیز تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. میزان تولید آفلاتوکسین کل در جدایه‌های مختلف *A. flavus* مورد بررسی از غیر قابل تشخیص تا ۶۳۰۰ نانوگرم در گرم متغیر بود.

زمان تشکیل و خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان ...

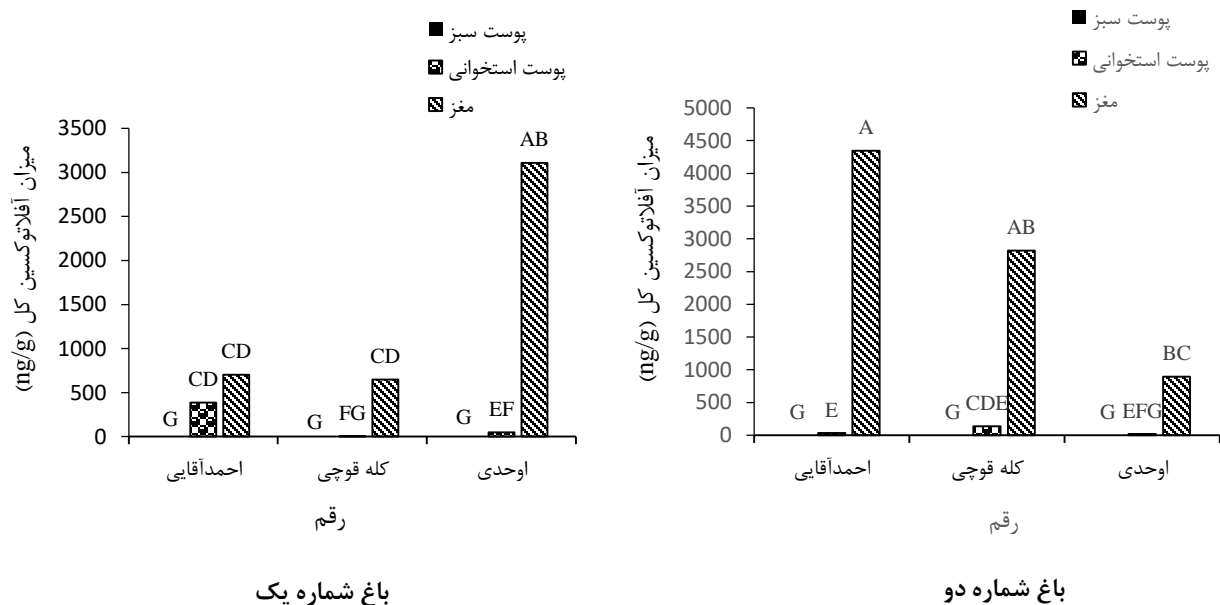
جدول ۲- مقایسه خصوصیات وزن تر و خشک، رطوبت نسبی و ابعاد پسته‌های زودخندان تشکیل شده در زمان‌های مختلف در ارقام اوحدی، کله قوچی و احمد آقایی

رقم	نوع پسته زودخندان	وزن تر (گرم)			وزن خشک (گرم)		رطوبت (%)		ابعاد پسته (میلی‌متر)		
		پسته با پوست سبز	پسته بدون پوست سبز	پوست سبز	پسته بدون پوست سبز	پوست سبز	پسته بدون پوست سبز	طول	عرض	قطر	
اوحدی	با پوست نرم	۱/۳۶ a	۰/۸۸ a	۰/۴۸a	۰/۶۳a	۰/۱۷ a	۲۹/۶a	۶۳/۴ a	۱۴/۵a	۱۰/۱۲a	۱۰ a
	با پوست نیمه خشک	۱/۰۵ a	۰/۷۴a	۰/۳۱b	۰/۵۶a	۰/۱۶ a	۲۳/۴a	۴۹/۸ab	۱۴/۱a	۱۰ a	۹/۹a
	با پوست خشک	۰/۶۲b	۰/۴۵ b	۰/۱۷ c	۰/۳۹b	۰/۱۱ b	۱۲/۲b	۳۲/۹ b	۱۲/۸a	۹/۷ a	۹/۴a
کله قوچی	با پوست نرم	۱/۸۹ a	۱/۱۸ a	۰/۷۱a	۰/۸۷ a	۰/۲۶a	۲۵/۵a	۶۴/۴a	۱۴ a	۱۱ a	۱۱ a
	با پوست نیمه خشک	۱/۲۴ b	۰/۹۱ ab	۰/۳۳b	۰/۷۱ a	۰/۲۲a	۲۱/۵a	۵۵/۲a	۱۲/۹a	۱۰/۹a	۱۰/۴ab
	با پوست خشک	۰/۸ c	۰/۶ b	۰/۱۹b	۰/۵۱ a	۰/۱۴a	۲۱/۵a	۲۵/۷b	۱۴/۲a	۱۰/۴a	۹/۹ b
احمدآقایی	با پوست نرم	۱/۹۹ a	۱/۲۷ a	۰/۷۱ a	۰/۹ a	۰/۲۱ a	۲۹/۲a	۷۰/۴ a	۱۶/۶a	۱۱/۳a	۱۰/۶ a
	با پوست نیمه خشک	۱/۱ b	۰/۶۸ b	۰/۴۲ b	۰/۵۵ b	۰/۲ b	۱۹/۳b	۴۸/۸ b	۱۶/۱a	۱۰/ab	۱۰ ab
	با پوست نرم	۱/۳۶ a	۰/۶۱ b	۰/۲ c	۰/۵ b	۰/۱ c	۱۷/۹a	۳۴/۸ b	۱۳/۷b	۱۰/۴b	۹/۴ b

در هر صفت و برای هر رقم به صورت مجزا مقایسه میانگین انجام گردید. اعدادی که دارای حروف متفاوت هستند از لحاظ آماری در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار هستند.



شکل ۱- نمایشی از پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف (A) و پوست سبز خشک و چروکیده (B) روی درخت در باغ



شکل ۲ - مقایسه میزان آفلاتوکسین کل (ng/g) در اجزای مختلف میوه پسته زودخندان در ارقام اوحدی، کله قوچی و احمدآقایی

اعدادی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی دار نیستند.

بحث

با توجه به اینکه در مناطق پسته کاری میزان محصول تولیدی به دلیل سال آوری درخت پسته متغیر بوده و تغییرات زیادی را از خود نشان می‌دهد و از طرفی به دلیل نوع داده‌ها، امکان مقایسه هر سال به صورت مجزا به سختی امکان پذیر بوده، لذا میانگین دو سال مورد بررسی قرار گرفت. بررسی درصد تشکیل پسته‌های زودخندان حاکی از تفاوت بین درختان، باغ و سال های مورد بررسی بود که با نتایج حاصل از تحقیق داستر و میکائیلیدس (۱۰) مطابقت دارد. به‌طور کلی بیشترین درصد تشکیل پسته‌های زودخندان در نیمه دوم شهریور (حدود ۱۵ روز قبل از برداشت) اتفاق می‌افتد. در حالی که داستر و

زمان تشکیل و خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان ...

میکائیلیدس (۱۰) گزارش کرده‌اند ۱۰ تا ۳۰ درصد از پسته‌های زودخندان در فاصله زمانی دو هفته قبل از برداشت تشکیل می‌شوند که احتمالاً به دلیل نوع رقم مورد مطالعه بوده است. در رقم اوحدی بیشترین درصد تشکیل پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف در فاصله زمانی دو هفته قبل از برداشت (زمان برداشت اواخر شهریور) و به میزان ۵۹/۷ درصد بوده است در حالی که بیشترین درصد تشکیل پسته‌های زودخندان با پوست چروکیده و خشک در نیمه اول شهریور (فاصله زمانی یک ماه تا ۱۵ روز قبل از برداشت) بوده است و این نتیجه به این دلیل است که معمولاً پسته‌های زودخندانی که زودتر تشکیل می‌شوند به تدریج و به مرور زمان رطوبت خود را از دست داده و تبدیل به پسته‌های زودخندان با ظاهر پوست سبز چروکیده و خشک می‌شوند.

پسته‌های زودخندان یکی از منابع اصلی آلودگی پسته به آفلاتوکسین می‌باشند و تحقیقات نشان داده است که پسته‌های زودخندان خشک و چروکیده بیش از ۹۹ درصد آفلاتوکسین را به خود اختصاص می‌دهند (۹) و عمل سورتینگ می‌تواند باعث کاهش ۲ تا ۴ برابر مقدار آفلاتوکسین در پسته فرآوری شده نسبت به پسته‌های فرآوری نشده گردد (۱۸). پسته‌های زودخندان وزنی بین ۱/۹ تا ۱/۱ گرم دارند و به عنوان یکی از منابع اصلی آلودگی به قارچ‌ها و متعاقب آن آفلاتوکسین می‌باشند و به نظر می‌رسد که میوه‌های پسته با اندازه خیلی کوچک توانایی و امکان ورود قارچ را کاهش می‌دهند (۲۰).

در رقم کله‌قوچی بیشترین درصد تشکیل پسته‌های زودخندان با پوست چروکیده و خشک در زمان بیشتر از یک ماه قبل از برداشت (در مرداد) رخ داده است. دلیل آن احتمالاً این است که معمولاً در رقم کله‌قوچی پسته‌های زودخندان دارای شکل غیرطبیعی و بسیار کوچک‌تر از اندازه طبیعی خود هستند، بنابراین زودتر رطوبت خود را از دست داده و جزو پسته‌های زودخندان با پوست چروکیده و خشک قرار می‌گیرند. در رقم احمدآقایی زمان تشکیل پسته‌های زودخندان به زمان برداشت نزدیک‌تر است بطوری‌که حدود ۶ درصد از پسته‌های زودخندان بیشتر از یک ماه قبل از برداشت تشکیل شدند، در صورتی که در ارقام اوحدی و کله‌قوچی حدود ۲۰ درصد از پسته‌های زودخندان در بیشتر از یک ماه قبل از برداشت تشکیل شدند و در رقم احمدآقایی ۸۳ درصد از پسته‌های زودخندان در مدت ۱۵ روز قبل از برداشت تشکیل شدند. وزن‌های تر میوه‌های زودخندان، میوه‌های بدون پوست و پوست‌های سبز در زمان برداشت در پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف بیش‌ترین و در پسته‌های زودخندان با پوست خشک دارای کم‌ترین مقادیر بود که دلیل آن از دست رفتن رطوبت در پوست سبز، پوست استخوانی و مغز پسته‌های زودخندان با پوست چروکیده و خشک بوده است. تشکیل زود هنگام پسته‌های زودخندان به فاصله

زمانی یک ماه و حتی بیشتر قبل از برداشت در حالی که بر روی درخت قرار دارند، نشان دهنده ریسک آن‌ها در آلوده شدن به اسپورهای هوازاد انواع گونه‌های مختلف کپک‌ها و تولید توکسین‌های قارچی مخصوصاً آفلاتوکسین‌ها است. آلوده شدن بسیاری از محصولات خشکباری به گونه‌های مختلف قارچی و تولید آفلاتوکسین تحت شرایط باغی ثابت شده است (۱۷).

میزان رطوبت پسته و پوست سبز در پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف به ترتیب از ۲۵/۵ تا ۲۹/۶ و ۶۳/۴ تا ۷۰ در صد، در پسته‌های زودخندان با پوست نیمه‌خشک از ۱۹/۳ تا ۲۳/۴ و ۴۸/۸ تا ۵۵/۲ در صد و در پسته‌های زودخندان با پوست خشک از ۱۲/۲ تا ۱۷/۹ و ۲۵/۷ تا ۳۴/۸ درصد در ارقام مختلف متغیر بود. مقایسه داده‌های رطوبتی در سه نوع پسته زودخندان مورد بررسی نشان می‌دهد که با ترک‌خوردگی پوست سبز باعث از دست دادن رطوبت مغز پسته می‌گردد. این باعث ایجاد شرایط مناسب برای رشد و توسعه گونه‌های مختلف قارچ آسپرژیلوس روی مغز پسته نسبت به سایر قارچ‌ها می‌گردد (۴). بنابراین با توجه به زمان تشکیل پسته‌های انتظار می‌رود پسته‌های زودخندانی که در فاصله زمانی دیرتری نسبت به برداشت تشکیل می‌شوند آلودگی بیشتری به گونه‌های مختلف قارچ آسپرژیلوس و آفلاتوکسین داشته باشند.

داستر و همکاران (۹) اظهار داشتند که رطوبت پوست سبز و مغز پسته‌های زودخندان با پوست چروکیده و خشک به ترتیب ۱۷ و ۹ درصد است. میزان رطوبت بستگی به شرایط آب و هوایی و زمان باقی ماندن بر روی درخت و نوع رقم دارد، به همین دلیل تفاوت‌هایی در نتایج مشاهده شد. دامنه نسبی تغییرات رطوبت نسبی در پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف نشان دهنده شرایط ایده‌آل رطوبتی برای آلودگی به گونه‌های مختلف قارچ آسپرژیلوس و رقابت موفقیت آمیز با سایر میکروارگانیسم‌ها در اشغال میکروکلیمای مغز پسته و تولید آفلاتوکسین‌ها است.

به‌طور کلی وزن، طول، عرض و قطر پسته خشک به ترتیب از پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف، نیمه خشک و خشک کاهش می‌یابد. طوری که کم‌ترین وزن پسته خشک، طول، عرض و قطر (اندازه پسته) مربوط به پسته‌های زودخندان با پوست چروکیده و خشک می‌باشد، این تغییرات در رقم کله‌قوچی کم‌ترین و در رقم احمدآقایی بیش‌ترین است. بنابراین پسته‌های زودخندان با پوست چروکیده و خشک، دارای پسته‌هایی با وزن کمتر و اندازه کوچک‌تر نسبت به پسته‌های زودخندان با پوست نرم و صاف هستند. بطور کلی پسته‌های زودخندان نسبت به پسته‌های سالم دارای وزن کمتر، میزان رطوبت پسته و پوست کمتر (وزن مخصوص کمتر) و اندازه ریزتر هستند. تفاوت بین انواع پسته‌های زودخندان بر اساس زمان تشکیل آن‌ها مضامه نتایج فوق توسط داستر و همکاران (۱۰) نیز گزارش شده است. پسته‌های زودخندان با پوست سبز خشک و نیمه‌خشک، آلودگی بیشتری به گونه‌های مورد مطالعه آسپرژیلوس، شب‌پره خرنوب و مورچه دارند، این امر

زمان تشکیل و خصوصیات فیزیکی پسته‌های زودخندان ...

باعث کاهش کیفیت این پسته‌ها می‌گردد. از خصوصیات ظاهری میوه‌های پسته می‌توان به عنوان یک معیار برای جداسازی یا غربال پسته‌های آلوده به کپک‌ها، آفات و آفلاتوکسین به منظور کاهش سطح آلودگی محصول تولید شده استفاده نمود (۹، ۱۱، ۱۶، ۱۹ و ۲۰).

منابع

- ۱- تاج آبادی پور، ع. ۱۳۷۷. عارضه زودخندانی و درصد آن در ارقام مختلف پسته. نشریه شماره ۴۵۰/۷۷ موسسه تحقیقات پسته، ۱۵.
- ۲- مرادی، م. و ح. معصومی. ۱۳۷۸. بررسی آلودگی میوه پسته به آفلاتوکسین B1 در مرحله قبل از برداشت و در حین فرآوری پسته با استفاده از ELISA. چکیده مقالات اولین همایش آفلاتوکسین پسته، موسسه تحقیقات پسته کشور. ۱۹.
- 3- Ayejuyo, O.O., Williams, A.B. and T.F. Imafidon. 2008. Ochratoxin a burdens in rice from lagos markets, Nigeria, Journal of Environmental Science and Technology, 1(2) 80-84.
- 4- Ayrest, G. 1969. The effects of moisture and temperature on growth and spore germination in some fungi. Journal of Stored Products Research, 5:127-141.
- 5- Barkai-Golan, R. and N. Paster. 2008. Mycotoxins in fruits and vegetables. Burlington, Academic Press.
- 6- Chiou, C.H., Miller, M., Wilson, D.L., Trail, F. and J.E. Linz. 2002. Chromosomal location plays a role in regulation of aflatoxin gene expression in *Aspergillus parasiticus*. Applied and Environmental Microbiology, 68: 306-315.
- 7- Danesh, D, Mojtahedi, H, Barnett, R. and A. Campbell. 1979. Correlation between climatic data and aflatoxin contamination of Iranian pistachio nuts. Phytopathology 69:715-716.
- 8- Doster, M. A. and T. J. Michailides. 1993. Influence of cultural practices on occurrence of early split pistachio nuts. PP: 82-84, In: California Pistachio Industry, Annual Report Crop Year. 1992-1993, California Pistachio Commission, Fersno.
- 9- Doster, M.A. and T.J. Michailides. 1994. The development of early split pistachio nuts and the contamination by molds, Aflatoxins, and insects. First international symposium on pistachio nut. 20-24 September 1994. Adana-Turkey-Acta Horticulture, 419:359-364.
- 10- Doster, M. A. and T.J. Michailides. 1995. The relationship between date of hull splitting and decay of pistachio nuts by *Aspergillus* species. Plant Disease, 79:766-769.
- 11- Doster, M.A. and T.J. Michailides. 1999. Relationship between shell discoloration of pistachio nuts and incidence of fungal decay and insect. Plant Disease, 83: 259-264.
- 12- Emami, A., Suzangar M. and R. Barnett. 1977. Contamination of pistachio nuts with aflatoxin while on the trees and in storage. Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych, 189:135-140

- 13- Gupta, A. and M. Gopal. 2002. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* isolates pathogenic to coconut insect pests, *World Journal Microbiology Biotechnology*, 18:325-331.
- 14- Michailides, T. J. 1994. *Aspergillus* molds and aflatoxin in pistachio Doster, M. A. and 4.nuts in California. *Phytopathology*, 84:583-590.
- 15- Mojthahedi, H., Rabie, C.J., Lubben, A., Steyn, M. and D. Danesh. 1979. Toxic *Aspergillus* from pistachio nuts. *Mycopathologia* 67:123-127 .
- 16- Moradi, M. and A. Javanshah. 2006. Distribution of aflatoxin in processed pistachio nut terminals. *Acta Horticulturae, (ISHS)*. (726):431-436.
- 17- Moradi, M. and H. Hokmabadi. 2011. Control of mycotoxin bioactives in nuts: Farm to fork. In Tokusoglu, Ö (ed), *Fruit and Cereal Bioactives Sources, Chemistry, and Applications*, (pp. 253-273) CRC Press.
- 18- Schatzki, T.F. 1995. Distribution of aflatoxin in pistachios. 2. Distribution in freshly harvested pistachios. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 43:1566-1569.
- 19- Shakerardekani, A., Karim, R. and F. Mirdamadiha. 2012. The effect of sorting on aflatoxin reduction of pistachio nuts. *Journal of Food Agriculture and Environment*; 10 (1):459-461.
- 20- Scholten, J.M. and M.C. Spanjer .1966. Determination of aflatoxin B1 in pistachio kernel and shells. *AOAC*, 79:1360-1364.
- 21- Sommer, N.F., Buchanan, J.R. and R.J. Fortlage. 1986. Relation of early splitting and taffering of pistachio nut to aflatoxin in orchard. *Phytopathology* 76: 692-694.
- 22- Thomson, S.V. and M.C. Mehdy. 1978. Occurrence of *Aspergillus flavus* in pistachio nuts prior to harvest. *Phytopathology*, 68:1112-1114.
- 23- Trucksess, M.W. 2000. Natural toxins, In official methods of analysis of AOAC international. Horwitz, W. (Ed.), 17th ed. Chapter 49, p. 1-64, Gaithersburg, Maryland, 2000:20877-2417.
- 24- Wei, D.L. and Jong, S.C. 1986. Production of aflatoxins by strains of *Aspergillus flavus* group maintained in ATCC. *Mycopathologia*; 93:19-24.

The Time of Occurrence and Physical Characteristics of Pistachio Early Splitting as Sources of Contamination with Aflatoxin in Three Commercial Cultivars of Pistachio in Kerman

Mohammad Moradi¹, Ali Tajabadipour², Seyed Reza Fani³

Abstract

Pistachio early splitting is the main source of aflatoxin contamination in the orchards. The time of pistachio early splitting occurrence in the orchards is very important and also physical and shell characteristics in identifying and omitting of them are critical factors in the processing plants. In the present study, the time of early splitting occurrence in three Iranian commercial cultivars of pistachio including Ohadi¹, “Kaleghoochi” and “Ahmadaghaei” in two different regions (Koshkoyeh and Nogh) of Rafsanjan during 2012-2013 were evaluated. Their physical characteristics such as fresh and dry weight of fruit with and without hull, the moisture content of fruit, length, width and diameter of early split fruits were measured. Results showed that early splitting occurrence in Kaleghoochi occurred earlier than other cultivars. The highest percentage of early splitting occurred 15 days before harvest time. Percentage of fruit moisture without and with hull in early split pistachios with soft and smooth hull were 27 and 65%, in semi-dry hull 22 and 50% and in dry early split fruits 14 and 31%, respectively. Weight, length, width and diameter of dry nuts in early split fruits with soft and smooth hull were higher than early split fruits with a semi-dry and dry hull. The amount of total aflatoxin in different pistachio parts showed that the highest amount was belonged to kernel compared with hull and shell. No aflatoxin was detected in the hull of pistachio. Overall, the aflatoxin content of kernels in Ohadi, Kaleghoochi and Ahmadaghaei were 12, 25 and 21 times higher than the shell, respectively.

Keywords: Aflatoxin, Aspergillus, Food safety, Kaleghoochi

¹ Assistant Professor, Department of Plant Protection, , Pistachio Research Center, Iran

² Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Pistachio Research Center, Iran.

³ Assistant Professor, Department of Plant Protection, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Yazd, Iran