تأثیر ویژگی‌های نوار جداساز چشمی (نوار سورت) بر شمارش میکروبی و آفلاتوکسین پسته خشک

احمد شاکر اردکانی[۱*]، فاطمه مجنونی[۲]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۰

چکیده

در این تحقیق تأثیر ویژگی‌های نوار جداساز چشمی شامل طول و عرض نوار تفکیک، میزان روشنایی، تعداد و میانگین سن کارگران و وجود اتاقک مخصوص بر خصوصیات میکروبی و آفلاتوکسین نمونه‌های پسته تهیه شده از ۷ شرکت فعال در زمینه درجه‌بندی پسته مورد بررسی قرار گرفت. آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد و در تحلیل نتایج از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون تکمیلی دانکن استفاده شد. نتایج بررسی تأثیر ویژگی‌های نوار جداساز چشمی (نوار تفکیک) بر ویژگی‌های میکروبی و آفلاتوکسین پسته خشک نشان داد که درصد کاهش آفلاتوکسین B1 و کل پس از فرآوری پسته، بیش از ۸۵ درصد است. مقایسه مشخصات نوار تفکیک در شرکت‌های مورد بررسی نشان دهنده اهمیت طول نوار تفکیک و همچنین تعداد و میانگین سن کارگران و وجود اتاقک مخصوص بر میزان کاهش آفلاتوکسین است. به طوری که طول نوار تفکیک و تعداد کارگران بیشتر و میانگین سنی پایین‌تر کارگران سبب افزایش درصد کاهش آفلاتوکسین در نمونه‌ها می‌شود. همچنین وجود اتاقک مخصوص تفکیک کردن و شدت نور بر درصد کاهش آفلاتوکسین تأثیرگذار بوده است. نتایج بررسی شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و کپک و مخمر نشان داد این خصوصیات در اثر فرآیند تفکیک کردن کاهش یافته است. مقایسه میزان لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و لگاریتم میزان کپک و مخمر با حد مجاز استاندارد نشان داد قبل از فرآیند تفکیک این خصوصیات در کلیه نمونه های پسته زیر حد استاندارد بوده است. با توجه به عدم تفاوت معنی دار در این خصوصیت پس از فرآیند تفکیک می‌توان نتیجه گرفت که مشخصات نوار تفکیک تأثیری بر بار میکروبی نمونه‌ها نداشته است. در مجموع با توجه به نتایج ، طول نوار تفکیک، میانگین سن و تعداد کارگران تأثیر بسزایی بر خصوصیات محصول نهایی دارد.

واژه‌های کلیدی: آفلاتوکسین، پسته، شمارش میکروبی، نوار جداساز چشمی

[۱] استادیار پژوهشی، پژوهشکده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

[*] نویسنده مسئول: shaker@pri.ir

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و فناوری مواد غذایی دانشکده کشاورزی، موسسه آموزش عالی کار، رفسنجان، ایران

مقدمه

پسته (*Pistacia vera*) یکی از مهم‌ترین محصولات غیرنفتی صادراتی ایران است که به طور متوسط ۳۶ درصد از صادرات محصولات کشاورزی ایران را شامل می شود. پسته از جنبه های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و ... اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. ارزش تولید این محصول حدود ۱۰ درصد از درآمدهای غیر نفتی کشور می باشد (مردی و همکاران، ۱۳۹۴).

در سال‌های اخیر مشکلات فراوان در کشت و بازاریابی این محصول، موجب ایجاد تنگناهایی بر موقعیت ایران در بازارهای جهانی گشته است. عدم توجه کافی به مزیت های تولیدی و بازایابی پسته، عدم انطباق عرضه در بازارهای هدف مطابق با سلایق جهانی، پراکندگی تولیدکنندگان و عدم وجود امکانات حمل و نقل از عواملی می باشند که تجارت پسته ایران را تهدید می‌کند. علاوه بر این عواملی نظیر نوسانات فراوان در قیمت پسته و ریسک قیمتی حاصل از آن، مشکلات موجود در نحوه قیمت‌گذاری پسته، عدم وجود امنیت در مبادلات و نگهداری محصول پسته و عدم توجه افراد به تحولات جدید بازار از جمله مشکلات موجود در ساختار بازار پسته در ایران به شمار می‌روند (گسیلی، ۱۳۸۴؛ Pakravan & Kavoosi Kalashami, 2011).

آفلاتوکسین‌ها از مهمترین مایکوتوکسین‌ها هستند که عمدتاً توسط گونه‌های مختلف آسپرژیلوس مانند فلاووس و پارازیتیکوس تولید می‌گردند (Cheraghali *et al*., 2007). آفلاتوکسین سمی سرطان‌زا، جهش زا و تضعیف کننده سیستم ایمنی بدن می‌باشد. بالا بودن میزان آفلاتوکسین در پسته، یکی از عواملی است که باعث چالش در صادرات پسته ایران شده است (صارمی و همکاران، ۱۳۸۶؛ Dini *et al*., 2013). آفلاتوکسین B_1 بیشترین پتانسیل سرطانزایی را در بین آفلاتوکسین‌ها دارد. یکی از معضلات اصلی کشور در عرصه صادرات پسته، مسئله آلودگی پسته به *آسپرژیلوس فلاووس* و آفلاتوکسین و پیدا کردن راه مناسب جهت پیشگیری از تولید آن است (Hajimohammadi *et al*., 2017). به طور معمول تولید آفلاتوکسین قبل از برداشت محصول و تحت شرایط باغی صورت می‌گیرد (Fani *et al*., 2014).

اگرچه آلودگی به آفلاتوکسین به ندرت صورت می‌گیرد و تعداد معدودی از پسته ها به آفلاتوکسین آلوده هستند ولی این تعداد معدود می‌توانند توده بزرگی از پسته را آلوده نشان دهند. در صورت جلوگیری از آلودگی و یا گسترش آن در مرحله فرآوری با زمان برداشت مناسب، حمل و نقل سریع پسته های چیده شده از باغ و انجام عمل فرآوری بلافاصله پس از برداشت

پسته، رعایت نکات بهداشتی در مراحل فرآوری (شستشو، خشک کردن و انبار) می توان احتمال و میزان آلودگی به آفلاتوکسین را کاهش داد (Doster & Michailides, 1994; Emami *et al.*, 1997; Campbell et al., 2003).

مهمترین عامل ورود قارچ های مولد آفلاتوکسین به میوه پسته و رشد و نمو آن‌ها و در نهایت تولید آفلاتوکسین ترک‌خوردگی پوست رویی پسته در باغ قبل از برداشت آن می‌باشد. خطرناک ترین نوع ترک خوردگی عارضه زودخندانی می‌باشد که هم پوست سبز و هم پوست استخوانی به طور همزمان شکاف برداشته و مغز مستقیماً در معرض هجوم قارچ‌های مولد آفلاتوکسین قرار می‌گیرد. به طوری که یک عدد پسته می تواند به حدی آلوده شود که میزان آفلاتوکسین ۲۸۰۰۰ عدد پسته سالم را بیش از حد مجاز بالا ببرد (Boutrif, 1998).

پسته‌های زودخندان از مهم‌ترین کانون های آلودگی پسته به قارچ های مولد آفلاتوکسین در باغ به شمار می‌روند. اطلاع از زمان تشکیل این نوع پسته ها در باغ و نیز خصوصیات ظاهری و فیزیکی پسته های زودخندان به منظور شناسایی آن‌ها و یافتن راه‌هایی جهت حذف در مرحله فرآوری از اهمیت خاصی برخوردار است (Fani *et al.*, 2014). در حال حاضر در مرحله فرآوری با عمل تفکیک (جداسازی) به صورت دستی، اینگونه دانه‌ها جداسازی شده و میزان آفلاتوکسین را تا حد زیادی کاهش می‌دهند. این فرآیند بصورت چشمی و با استفاده از کارگران در خصوص بهبود وضعیت پسته‌های صادراتی برگشتی به ایران جهت کاهش سطح آفلاتوکسین انجام می‌گیرد. در کشور ما نیز بیشترین عامل آلودگی محموله‌های صادر شده پسته به دلیل کافی نبودن عملیات جداسازی پسته‌های لکه دار است (صارمی و همکاران، ۱۳۸۶). این امر نشان می‌دهد که پایانه ها و شرکت‌های صادر کننده پسته باید توجه بیشتری به سامانه‌های جداسازی مشاهده‌ای پسته داشته باشند. در سیستم مشاهده‌ای یک نوار تفکیک متحرک در اندازه‌های مختلف وجود دارد که در اطراف آن تعدادی کارگر جهت انجام تفکیک حضور دارند. در بالای نوار تعدادی لامپ جهت روشنایی نصب گردیده است. تاکنون هیچ استانداردی جهت طول نوار تفکیک و پهنای آن و همچنین تعداد لامپ‌های نصب شده و فاصله کارگران از هم و شرایط محیطی اطراف نوار تفکیک تدوین نشده است. لذا در این پژوهش با استفاده از تفاوت موجود در پسته های آلوده به آفلاتوکسین شامل تفاوت در خصوصیات فیزیکی و ظاهری پسته های آلوده و همچنین تأثیر تمامی موارد ذکر شده فوق بر روی کیفیت پسته تفکیک شده مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

الف- نمونه‌گیری

نمونه‌برداری از ۷ شرکت فعال در زمینه درجه بندی پسته انجام گردید (جدول ۱). در این تحقیق از پسته رقم فندقی استفاده شد. نمونه برداری طبق دستورالعمل استاندارد و با استفاده از ابزار بمبو انجام شد. میزان هر نمونه بسته به وزن کلی محموله مشخص گردید. ۲ نمونه‌برداری (یکی قبل از تفکیک (شماره ۱) و دیگری بعد از تفکیک (شماره ۲) انجام گرفت و کدگذاری در محل با توجه به کد شرکت بسته بندی (A تا G) و شماره نمونه (۱ یا ۲) صورت گرفت و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

جدول ۱- مشخصات نوار تفکیک هر شرکت.

نام شرکت	طول نوار تفکیک (متر)	عرض نوار تفکیک (سانتی متر)	توان لامپ در یک متری(وات)	اتاقک مخصوص	تعداد کارگران	میانگین سن کارگران
A	۳	۳۰	۸۰	دارد	۶	۳۳
B	۳	۳۵	۱۶۰	دارد	۱۰	۳۵
C	۴	۵۰	۸۰	دارد	۱۰	۴۲
D	۳	۳۵	۸۰	ندارد	۸	۴۷
E	۲	۶۰	۸۰	ندارد	۴	۵۱
F	۴	۲۵	۸۰	ندارد	۸	۳۹
G	۳	۳۰	۸۰	ندارد	۸	۳۸

بر روی هر نمونه آزمایش های سم شناسی (آفلاتوکسین B_1 و کل) و میکروبی (شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و میزان کپک و مخمر) انجام گردید. از هر کدام از واگن‌های پسته قبل از تفکیک یک کیلوگرم برای اندازه‌گیری آفلاتوکسین و ۱۰۰ گرم برای آزمایشات میکروبی نمونه برداری انجام گردید و نمونه‌برداری در مرحله بعد از تفکیک نیز به همین صورت انجام شد.

ب- اندازه‌گیری آفلاتوکسین

اندازه گیری آفلاتوکسین بر اساس روش Ahmed *et al*. (۲۰۱۶) انجام شد. نمونه‌های کد گذاری شده در آزمایشگاه به قسمت خمیرکن انتقال داده شدند. در این قسمت ۵۰ گرم نمونه پس از آسیاب شدن با ۲۵۰ میلی لیتر محلول متانول:

آب مقطر (۴۰:۶۰) و ۴ گرم نمک کلرید سدیم توسط مخلوط کن با سرعت بالا تا رسیدن به خمیر یکنواخت، مخلوط شدند. علت اضافه کردن نمک به دست آوردن مخلوط یکنواخت و جداشدن بهتر آفلاتوکسین از محلول می‌باشد. بعد از آن مخلوط حاصل با کاغذ صافی واتمن ۴، فیلتر و در ظرف مناسب جمع‌آوری شد. در مرحله بعد محلول حاصل با کاغذ صافی MN619dc فیلتر شده و در لوله آزمایش مربوط به دستگاه HPLC جمع آوری گردید. ۱۰۰ میکرولیتر از محلول حاصل وارد دستگاه گردید. جهت تعیین میزان آفلاتوکسین از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا با ستون آلفا تست استفاده گردید. میزان آفلاتوکسین B_1 و آفلاتوکسین کل با استفاده از سطح زیر منحنی مربوط به نمونه و منحنی استاندارد تعیین گردید. دستگاه HPLC شامل پمپ LC 20AB ، و آشکارساز فلوروسنس (RF 10AXL) (شیمادزو، ژاپن) بود. ستون مورد استفاده Supelcosil LC18 با ابعاد قطر داخلی ۴/۶ × ۱۵۰ میلی‌متر و اندازه ذرات ۵ میکرون بود. دمای آون ۳۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. فاز متحرک شامل ا ستیک ا سید (۰/۱ در صد): ا ستونیتریل و متانول (۵۹: ۱۴: ۲۷) بود. سرعت جریان فاز متحرک ۱ میلی‌لیتر در دقیقه بود.

ج- شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، کپک و مخمر

شمارش کلی و مخمر بر ا ساس روش ا ستاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۹۳ (ISIRI, 2013) انجام شد. بدین ترتیب که ۱۰۰ گرم از نمونه پس از خمیر شدن در ظرف استریل نگهداری گردید. برای تهیه رقت ۰/۱، ۱۰ گرم از نمونه با ۹۰ میلی‌لیتر محلول رینگر استریل مخلوط شد. پس از تهیه رقت، ۱ میلی لیتر از آن به دو پلیت خالی استریل انتقال داده شد. برای کنترل دقیق‌تر می‌توان از رقت‌های غلیظ‌تر یا رقیق‌تر نیز یک پلیت به همین طریق تهیه گردید. دو نوع محیط کشت PCA (Plate caunt agar) و YGC (Yeast extra glucose chroramphenicol agar) آماده گردید. محیط کشت پلیت کانت آگار که قبلا تهیه و استریل شده بود در بن ماری با شعله ملایم ذوب گردید و زمانی که دمای آن به ۵۰-۴۵ درجه سانتی‌گراد رسید، به پلیت‌های حاوی نمونه اضافه گردید. در پلیت را بسته و روی سطح میز به شکل 8 به آرامی حرکت داده شد تا محیط کشت و نمونه مخلوط و یکنواخت گردد. سپس ساکن گذاشته شد که محیط کشت ببندد (کشت آمیخته). یک پلیت که فاقد نمونه بود به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سپس پلیت‌های نمونه و شاهد به صورت وارونه داخل گرمخانه ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند. اگر ذرات نمونه به صورت یا م شابه کلنی بودند قبل از قرار دادن پلیت‌ها در گرمخانه نشانه‌گذاری شدند تا هنگام شمارش به عنوان کلنی در نظر گرفته نشوند. پس از پایان زمان

گرمخانه گذاری، کلنی‌های هر پلیت شمارش گردید. کلنی‌ها به اشکال مختلف دوکی، سوزنی، گرد، محدب و در مورد قارچ‌ها، کرکی، پنبه ای (کپک ها) یا شکل کلنی باکتری و آبدار (مخمرها) دیده شدند. این کلنی ها به رنگ سفیده کرمی، و گاهی رنگی (در مورد مخمر ها) دیده می شدند. تعداد کلنی در پلیتی که از رقت غلیظ‌تر برای کنترل دقت کشت استفاده می‌شود باید حدودا ۱۰ برابر بیشتر از تعداد کلنی در پلیت های اصلی کشت باشد و برعکس یعنی در پلیت‌های رقیق‌تر باید حدودا ۱۰ برابر کمتر باشد. تعداد میکرو ارگانیسم ها در گرم نمونه از محاسبه میانگین تعداد کلنی ها در دو پلیت مربوط به نمونه تقسیم بر رقت به دست آمد.

د- آنالیز آماری

میزان آفلاتوکسین B1، آفلاتوکسین کل، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها، کپک و مخمر در نمونه‌های پسته قبل و پس از تفکیک شدن در هفت شرکت اندازه‌گیری گردید و سپس درصد کاهش پارامترهای مورد بررسی پس از فرآوری محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ صورت گرفت. در تحلیل متغیرهای مورد مطالعه از تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن استفاده شد. در کلیه آزمون‌ها سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

الف- آفلاتوکسین B_1

نتایج حا صل از برر سی میزان آفلاتوک سین B_1 موجود در نمونه‌های پ سته تهیه شده از ۷ شرکت فعال در زمینه درجه‌بندی پسته در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است. همچنین آنالیز واریانس نتایج در سطح اطمینان ۰/۰۵ جهت تعیین تأثیر ویژگی‌های نوار جداساز چشمی (نوار تفکیک) بر میزان آفلاتوکسین B_1 در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

با توجه به مقادیر عدد P در ستون آخر جدول ۳ می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری در میزان آفلاتوک سین B_1 موجود در نمونه‌های مورد بررسی قبل و بعد از تفکیک وجود داشته است. نتایج آنالیز واریانس درصد کاهش آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های پسته بعد از تفکیک نشان دهنده اثر معنی‌دار ویژگی‌های نوار جداساز چشمی (نوار تفکیک) بر درصد کاهش آفلاتوکسین B_1 است ($P<۰/۰۵$).

جدول ۲- میزان آفلاتوکسین B1 در نمونه‌های تهیه شده از ۷ شرکت درجه‌بندی پسته.

نام شرکت	انحراف معیار ± میانگین آفلاتوکسین B_1 (ppb)		
	قبل از تفکیک	بعد از تفکیک	درصد کاهش
A	۶۴/۱۶±۰/۲۰^{e}	۱/۵۶±۰/۱۰^{c}	۹۷/۵۵±۲/۳۵^{a}
B	۸۸/۹۲±۴/۴۵^{a}	۷/۲۳±۰/۴۰^{b}	۹۱/۷۶±۳/۱^{B1}
C	۶۲/۴۲±۰/۸۶^{e}	۱/۷۵±۰/۱۲^{c}	۹۷/۲۰±۱/۷۷^{a}
D	۸۲/۰۹±۱/۳۰^{b}	۳/۲۱±۰/۲۷^{c}	۹۶/۰۷±۱/۶۱^{a}
E	۶۵/۳۰±۳/۹۰^{e}	۹/۵۱±۰/۳۹^{a}	۸۵/۲۵±۴/۵۵^{c}
F	۶۶/۶۴±۵/۰۸^{e}	۲/۶۱±۰/۲۳^{c}	۹۶/۰۱±۱/۴۰^{a}
G	۷۴/۲۷±۲/۱۷^{c}	۸/۲۴±۰/۷۹^{a}	۸۸/۷۷±۶/۷۸^{c}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در سطح ۰/۰۵ ندارند.

جدول ۳- آنالیز واریانس اثر روش درجه بندی بر میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های پسته.

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	متوسط مربعات	مقدار F	مقدار P
قبل از تفکیک	۱۸۶۰/۵۱۰	۶	۳۱۰/۰۸۵	۳۱/۸۵۶	۰/۰۰۰
بعد از تفکیک	۲۰۰/۹۸۴	۶	۳۳/۴۹۷	۵/۸۳۲	۰/۰۰۳
درصد کاهش	۴۰۸/۱۳۲	۶	۶۸/۰۲۲	۵/۳۱۳	۰/۰۰۵

مقایسه میانگین نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های نوار جداساز چشمی (نوار تفکیک) بر میزان آفلاتوکسین B_1 با استفاده از آزمون تکمیلی دانکن صورت گرفت. با توجه به حروف موجود در جدول ۲ مربوط به میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌ها قبل از تفکیک، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری در میانگین آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، B، D و G وجود دارد. در حالی که نتایج بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار میانگین آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، C، E و F می‌باشد. بیشترین میزان میانگین آفلاتوکسین B_1 مربوط به نمونه تهیه شده از شرکت B (معادل ppb ۸۸/۹۲±۴/۴۵) بوده است.

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱ در خصوص میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌ها بعد از تفکیک، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری در میانگین آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، B و E وجود دارد. در حالی که تفاوت معنی‌داری در میانگین آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های مربوط به شرکت‌های A، C، D و F و همچنین بین نمونه شرکت‌های E و G بعد از انجام فرآیند تفکیک کردن وجود ندارد. بیشترین میانگین میزان آفلاتوکسین B_1 مربوط به نمونه تهیه شده از شرکت E (معادل ppb ۰/۳۹±۹/۵۱) بوده است.

بررسی درصد کاهش میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های پسته بعد از تفکیک نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میانگین کاهش آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، C، D و F و نمونه تهیه شده از شرکت‌های G و E می‌باشد. در حالی که تفاوت معنی‌داری در میانگین درصد کاهش آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، B و E وجود دارد. بیشترین و کمترین میانگین در صد کاهش آفلاتوکسین B_1 به ترتیب مربوط به نمونه تهیه شده از شرکت A (معادل ppb ۲/۳۵±۹۷/۵۵) و شرکت E (معادل ppb ۴/۵۵±۸۵/۲۵) بوده است.

در تحقیق حاضر، درصد کاهش آفلاتوکسین B_1 پس از فرآوری پسته، بیش از ۸۵ درصد اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری داشته‌اند. با توجه به وجود تفاوت معنی‌دار در میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های اولیه، مقایسه میزان آفلاتوکسین B_1 پس از تفکیک جهت بررسی تأثیر ویژگی‌های نوار جداساز چشمی (نوار تفکیک) بر میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های پسته خشک روش مناسبی نمی‌باشد. برای این منظور از مقایسه درصد کاهش میزان آفلاتوکسین B_1 در اثر فرآیند تفکیک در شرکت‌های مختلف استفاده گردید. بررسی درصد کاهش میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های پسته بعد از تفکیک نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میانگین کاهش آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، C، D و F و نمونه تهیه شده از شرکت‌های G و E می‌باشد. عوامل متعددی شامل طول و عرض نوار تفکیک، میزان روشنایی، تعداد و میانگین سن کارگران و وجود اتاقک مخصوص می‌تواند بر درصد کاهش آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های پسته تأثیر گذار باشد. مقایسه مشخصات نوار تفکیک هر شرکت‌های A، C، D و F نشان دهنده یکسان بودن توان لامپ (معادل ۸۰ وات) در نوار تفکیک در این شرکت‌ها می‌باشد. در حالی که طول نوار تفکیک در شرکت‌های A و D برابر ۳ متر و در شرکت‌های C و F برابر ۴ متر است. سایر موارد تأثیرگذار شامل عرض نوار تفکیک، تعداد و میانگین سن کارگران و وجود اتاقک مخصوص در این شرکت‌ها متفاوت می‌باشد. بیشترین و کمترین میانگین درصد کاهش آفلاتوکسین B_1 به ترتیب مربوط به نمونه تهیه شده از شرکت A (معادل ppb ۲/۳۵±۹۷/۵۵)

و شرکت E (معادل ppb ۴/۵۵±۸۵/۲۵) بوده است. مقایسه مشخصات نوار تفکیک این دو شرکت نشان دهنده اهمیت طول نوار سوت و همچنین تعداد و میانگین سن کارگران و وجود اتاقک مخصوص بر میزان کاهش آفلاتوکسین B_1 است. به طوری که شرکت A دارای طول نوار تفکیک و تعداد کارگران بیشتر و همچنین میانگین سنی پایین‌تر کارگران می‌باشد. همچنین وجود اتاقک مخصوص تفکیک کردن نیز در شرکت A می‌تواند بر درصد کاهش آفلاتوکسین B_1 تأثیرگذار باشد. مقایسه درصد کاهش آفلاتوکسین B_1 در شرکت‌های F و G که دارای مشخصات نوار تفکیک یکسان به جز طول و عرض نوار تفکیک هستند نشان دهنده اهمیت بالای طول نوار تفکیک نسبت به سایر پارامترها می‌باشد. با افزایش طول نوار تفکیک از ۳ به ۴ متر (علی‌رغم کاهش عرض نوار تفکیک از ۳۰ به ۲۵ سانتی‌متر) کاهش آفلاتوکسین B_1 از ۸۸/۷۷ درصد در شرکت G به ۹۶/۰۱ درصد در شرکت F رسیده است. مقایسه میزان آفلاتوکسین B_1 قبل از فرآیند تفکیک کردن با مقادیر استاندارد اروپا نشان‌دهنده مقادیر بسیار بالاتر از حد استاندارد میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌ها قبل از فرآیند تفکیک است. در حالی که پس از فرآیند تفکیک کردن علی‌رغم کاهش مقدار آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌ها، کلیه شرکت‌ها به جز شرکت‌های A و C دارای آفلاتوکسین B_1 بالاتر از حد مجاز استاندارد اروپا (۲ ppb) هستند.

ب- آفلاتوکسین کل

نتایج حا صل از برر سی میزان آفلاتوک سین کل موجود در نمونه‌های پ سته تهیه شده از ۷ شرکت فعال در زمینه درجه‌بندی پسته در جدول ۴ ارائه شده است.

آنالیز واریانس نتایج در سطح اطمینان ۰/۰۵ جهت تعیین تأثیر ویژگی‌های نوار جداساز چشمی (نوار تفکیک) بر میزان آفلاتوکسین کل در جدول ۵ ارائه شده است.

با توجه به مقادیر P در ستون آخر جدول ۵ می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری در میزان آفلاتوکسین کل موجود در نمونه‌های مورد برر سی قبل و بعد از تفکیک وجود دا شته ا ست. نتایج آنالیز واریانس در صد کاهش آفلاتوک سین کل در نمونه‌های پ سته بعد از تفکیک ن شان می دهد که عمل جدا سازی تاثیر معنی‌داری بر میزان آفلاتوک سین کل دا شته است.

جدول۴ - میزان آفلاتوکسین کل موجود در نمونه‌های ۷ شرکت درجه‌بندی پسته.

نام شرکت	انحراف معیار ± میانگین آفلاتوکسین کل (ppb)		
	قبل از تفکیک	بعد از تفکیک	درصد کاهش
A	۷۲/۰۰±۰/۴۳^{c}	۱/۸۳±۰/۶۵^{c}	۹۷/۴۴±۴/۳۱^{a}
B	۹۵/۲۶±۴/۴۵^{a}	۸/۰۸±۳/۰۱^{a}	۹۱/۴۰±۳/۵۷^{b}
C	۶۵/۴۹±۰/۹۳^{d}	۱/۸۳±۰/۱۶^{c}	۹۷/۲۱±۳/۷۴^{a}
D	۸۶/۴۹±۰/۴۹^{b}	۵/۵۳±۰/۴۸^{b}	۹۳/۶۰±۰/۶۰^{b}
E	۷۳/۸۵±۴/۱۵^{c}	۹/۸۰±۰/۴۶^{a}	۸۶/۵۷±۴/۰۹^{c}
F	۷۱/۷۵±۷/۱۹^{c}	۳/۶۹±۰/۳^{b}	۹۴/۷۲±۳/۰۴^{a}
G	۷۸/۵۳±۴/۴۳^{c}	۸/۸۴±۰/۰۸^{a}	۸۸/۴۷±۷/۲^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در سطح ۰/۰۵ ندارند.

جدول ۵- آنالیز واریانس اثر روش درجه بندی بر میزان آفلاتوکسین B1 **نمونه‌های پسته.**

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	متوسط مربعات	مقدار F	مقدار P
قبل از تفکیک	۱۸۵۴/۷۳۷	۶	۳۰۹/۱۲۳	۱۹/۷۱۲	۰/۰۰۰
بعد از تفکیک	۱۹۹/۰۰۷	۶	۳۳/۱۶۸	۴/۹۸۹	۰/۰۰۶
درصد کاهش	۳۱۴/۴۶۲	۶	۵۲/۴۱۰	۳/۹۴۳	۰/۰۱۶

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۴ (میزان آفلاتوکسین کل در نمونه‌ها قبل از تفکیک)، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری در میانگین آفلاتوکسین کل در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، B، C و D وجود دارد. در حالی که نتایج بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار میانگین آفلاتوکسین کل در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، E، F و G می‌باشد. بیشترین میزان میانگین آفلاتوکسین کل مربوط به نمونه تهیه شده از شرکت B (معادل ppb ۴/۴۵±۹۵/۲۶) بوده است.

همچنین مقایسه میانگین میزان آفلاتوکسین کل در نمونه‌ها بعد از تفکیک، نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در میانگین آفلاتوکسین کل در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، B و D است. در حالی که تفاوت معنی‌داری در میانگین آفلاتوکسین کل در نمونه‌های مربوط به جفت شرکت‌های A و C و همچنین نمونه‌های B، E و G و جفت نمونه شرکت‌های D و F بعد از انجام فرآیند تفکیک کردن وجود ندارد. بیشترین میانگین میزان آفلاتوکسین کل مربوط به نمونه تهیه شده از شرکت E (معادل ppb ۰/۴۶±۹/۸۰) بوده ا ست. برر سی در صد کاهش میزان آفلاتوک سین کل در نمونه‌های پ سته بعد از تفکیک ن شان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میانگین کاهش آفلاتوکسین کل در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های

B، D و G و نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، C و F می‌باشد. در حالی که تفاوت معنی‌داری در میانگین درصد کاهش آفلاتوکسین کل در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، B و E وجود دارد. بیشترین و کمترین میانگین در صد کاهش آفلاتوکسین کل به ترتیب مربوط به نمونه تهیه شده از شرکت A (معادل ppb ۴/۳۱±۹۷/۴۴) و شرکت E (معادل ppb۴/۰۹±۸۶/۵۷) بوده است.

نتایج بررسی‌های صورت گرفته در این تحقیق نشان می دهد که درصد کاهش آفلاتوکسین کل پس از فرآوری پسته، بیش از ۸۶ درصد است. میزان آفلاتوکسین کل در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری داشته اند. با توجه به وجود تفاوت معنی‌دار در میزان آفلاتوکسین کل در نمونه‌های اولیه، باز هم مقایسه میزان آفلاتوکسین کل پس از تفکیک جهت بررسی تأثیر ویژگی های نوار جداساز چشمی (نوار تفکیک) بر میزان آفلاتوکسین کل در نمونه‌های پسته خشک روش مناسبی نمی‌باشد. از این رو از مقایسه درصد کاهش میزان آفلاتوکسین کل در اثر فرآیند تفکیک در شرکت‌های مختلف استفاده گردید. بررسی درصد کاهش میزان آفلاتوکسین کل در نمونه‌های پسته بعد از تفکیک نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میانگین درصد کاهش آفلاتوکسین کل در نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های B، D و G و نمونه‌های تهیه شده از شرکت‌های A، C و F می‌باشد. مقایسه مشخصات نوار تفکیک هر شرکت‌های B، D و G نشان دهنده یکسان بودن طول نوار تفکیک در این شرکت‌ها می‌باشد. همچنین در شرکت‌های D و G علاوه بر طول نوار تفکیک، میزان روشنایی، عدم وجود اتاقک مخصوص و تعداد کارگران یکسان می باشند. مقایسه درصد کاهش آفلاتوکسین کل در شرکت‌های D و G نشان می دهد در شرکت D به دلیل عرض نوار تفکیک بیشتر احتمال جداسازی پسته‌های حاوی آفلاتوکسین بالاتر بوده است، ولی به دلیل بالاتر بودن میانگین سن کارگران احتمال جداسازی پسته های حاوی آفلاتوکسین کاهش می‌یابد. به عبارتی می‌توان گفت این دو عامل با خنثی کردن اثر یکدیگر سبب شده اند که درصد کاهش آفلاتوکسین کل در شرکت‌های D و G تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته باشند. شرکت‌های B و D دارای طول و عرض نوار تفکیک و اتاقک مخصوص یکسان می‌باشند. با توجه به تعداد کارگر بیشتر و میانگین سن کارگران کمتر در شرکت B انتظار می‌رود که درصد کاهش آفلاتوکسین کل در مقایسه با شرکت D بالاتر باشد. به نظر می‌رسد دلیل اصلی عدم تفاوت معنی‌دار در درصد کاهش آفلاتوکسین کل در این دو شرکت نور زیاد در نوار تفکیک شرکت B باشد که در مدت زمان طولانی بر بینایی کارگران تأثیر می‌گذارد و سبب کاهش درصد کاهش می شود. بیشترین و کمترین میانگین درصد کاهش آفلاتوکسین کل به ترتیب مربوط به نمونه تهیه شده از شرکت A (معادل ppb ۴/۳۱±۹۷/۴۴) و شرکت E (معادل ppb ۴/۰۹±۸۶/۵۷) بوده

است. با مقایسه مشخصات نوار تفکیک شرکت‌های A و E، به نظر می‌رسد دلیل اصلی تفاوت بارز در درصد کاهش آفلاتوکسین کل می‌تواند ناشی از طول نوار تفکیک و تعداد کارگر کمتر و میانگین بالاتر سن کارگران در شرکت E باشد.

مقایسه میزان آفلاتوکسین کل قبل از فرآیند تفکیک کردن با مقادیر استاندارد اروپا نشان دهنده مقادیر بسیار بالاتر از حد استاندارد میزان آفلاتوکسین کل در نمونه‌ها قبل از فرآیند تفکیک است. بیشترین میزان میانگین آفلاتوکسین کل قبل از فرآیند تفکیک کردن مربوط به نمونه تهیه شده از شرکت B (معادل ppb ۴/۴۵±۹۵/۲۶) بوده است. در حالی که فرآیند تفکیک کردن سبب کاهش مقدار آفلاتوکسین کل در نمونه‌ها شده است. بیشترین میانگین میزان آفلاتوکسین کل مربوط به نمونه تهیه شده از شرکت E (معادل ppb ۰/۴۶±۹/۸۰) بوده است. که بیشتر از حد مجاز استاندارد اروپا (ppb ۴) و زیر حد مجاز استاندارد FDA (ppb ۲۰) و استاندارد ملی ایران (ppb ۱۵) هستند. پس از فرآیند تفکیک کردن علی‌رغم کاهش مقدار آفلاتوکسین کل در نمونه‌ها، کلیه شرکت‌ها به جز شرکت‌های A، C و F دارای آفلاتوکسین کل بیشتر از حد مجاز استاندارد اروپا (ppb ۲) هستند.

ابوحسین و همکاران (۱۳۸۳) در مطالعه‌ای تاثیر تفکیک کردن بر کاهش میزان آلودگی محموله‌های پسته صادراتی کشور به آفلاتوکسین را مورد بررسی قرار دادند. میزان آلودگی نمونه‌ها به آفلاتوکسین B_1 و کل با استفاده از دستگاه HPLC در بخش سم‌شناسی آزمایشگاه های کنترل غذا و دارو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در تمام موارد تفکیک کردن نمونه‌ها باعث کاهش میزان آلودگی گردیده و دامنه این کاهش در محدوده ۱۰۰ – ۴۸٪ برای آفلاتوکسین B_1 و کل بوده است که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت دارد. لذا به نظر می‌رسد در مرحله تفکیک کردن جداسازی این منابع آلودگی می‌تواند در کاهش آلودگی توده پسته به آفلاتوکسین نقش به سزایی داشته باشد.

Shakerardekani *et al.* (۲۰۱۲) تأثیر تفکیک کردن بر کاهش آفلاتوکسین پسته را مورد بررسی قرار دادند. پسته‌ها بر اساس ظاهر فیزیکی شان در هفت دسته مختلف تقسیم شدند: رنگ قهوه ای مایل به قرمز، رنگ قهوه ای تیره، بزرگ، متوسط، کوچک، آسیب دیده و غیر خندان (دهن بست). مشخص شد که اکثریت پسته‌ها شامل پسته‌های بزرگ و به ترتیب ۶۶/۶ درصد، ۸۵/۸ درصد و ۸۷/۷ درصد در ارقام فندقی، احمد آقایی و کله قوچی می‌باشد. پسته‌های زرد رنگ و لک‌دار ارقام فندقی، احمد آقایی، کله قوچی به ترتیب برابر ۹/۳ درصد، ۶/۹ درصد و ۲/۳ درصد از کل نمونه‌های پسته بودند. اختلاف معنی‌داری ($P<0.05$) بین مقدار آفلاتوکسین پسته رنگی در ارقام مختلف مشاهده شد. مشخص شد که پسته دارای لکه زرد مایل به قهوه‌ای خاکستری تیره از تمام ارقام در مقایسه با نوع بدون لک حاوی مقدار قابل توجهی آفلاتوکسین

است. بیشتر آفلاتوکسین‌ها در نمونه‌های پسته، در پسته‌های لکه دار مشاهده شده است (Shakerardekani & Mirdamadiha, 2018).

علاوه بر این، Ghahdarijani & Javanshah (۲۰۰۶) در مطالعه خود بیشترین تراکم گروه اسپور قارچی از آسپرژیلوس فلاوس و آسپرژیلوس نیجر در پسته‌های لک‌دار، زرد، کوچک و شناور در واحد فرآوری را مشاهده کردند.

تأخیر در برداشت و فرآوری و احتمالا در فرآیند پوست کندن پسته، منجر به رشد رنگ خاکستری زرد می‌شود. این تأخیر باعث افزایش رشد آفلاتوکسین در پسته می‌شود. از سوی دیگر، ظاهر سیاه و سفید و خاکستری پسته بوسیله وجود گونه های آسپرژیلوس بوجود می‌آید. این مطالعات نشان می‌دهد که جداسازی و یا حذف همه پسته‌های لک‌دار در طول فرآیند تفکیک کردن می‌تواند محتوای آفلاتوکسین B_1 را در کل نمونه‌های پسته کاهش دهد (Shakerardekani *et al.*, 2012).

درگاهی و همکاران (۱۳۹۳) مطالعه‌ای را با هدف مقایسه میزان آفلاتوکسین در قسمت‌های مختلف میوه، قبل و بعد از برداشت و در انواع پسته‌ها انجام دادند. برای این هدف، از میوه‌های سالم و زودخندان قبل از برداشت در مرحله باغ و همچنین از مراحل مختلف فرآوری میوه پسته در پایانه های فرآوری، نمونه‌برداری صورت گرفت. مقدار آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌ها با استفاده از کیت تشخیص الایزا اندازه‌گیری گردید. میانگین مقدار آفلاتوکسین در مغز پسته‌های زودخندان و سالم نمونه‌برداری شده قبل از برداشت به‌ترتیب ۱۰/۲ و ۱/۸ (ng/g) بود. انواع پسته‌های فرآوری شده سطوح متفاوتی از مقدار آفلاتوکسین را نشان دادند و مقدار آفلاتوکسین در پسته‌های لکه‌دار، ریز، روآبی و خندان به‌ترتیب ۲۱، ۴، ۱۵ و ۲ برابر بیشتر از پسته‌های بدون لکه، درشت، زیرآبی، و غیرخندان بود. وجود آفلاتوکسین در نمونه‌های پسته در باغ و نمونه‌های فرآوری‌شده نشان‌دهنده آلودگی به قارچ‌های مولد آن تحت شرایط باغی است، که در صورت فراهم شدن شرایط مناسب بعد از برداشت نیز می‌تواند گسترش یابد. با شناسایی و جداسازی منابع آلودگی در مراحل اولیه و پس از فرآوری در یک توده پسته می‌توان سطح آلودگی به آفلاتوکسین را کاهش داد و پسته عاری از آلودگی تولید نمود. وجود آفلاتوکسین در پسته‌های زودخندان نشان می‌دهد که آلودگی اولیه از باغ شروع می‌شود و میزان زودخندانی از یک باغ به باغ دیگر، از یک درخت به درخت دیگر و از یک خوشه میوه به خوشه دیگر بسته به مدیریت باغ، شرایط آب و هوایی و نوع رقم تغییر زیادی می‌کند.

ج- شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها

نتایج حاصل از شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های پسته تهیه شده از ۷ شرکت فعال در زمینه درجه‌بندی پسته در جدول ۶ ارائه شده است.

آنالیز واریانس نتایج ارائه شـــده در جدول ۶ در ســـطح اطمینان ۰/۰۵ جهت تعیین تأثیر ویژگی‌های نوار جداســـاز چشمی (نوار تفکیک) بر لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های پسته در جدول ۷ ارائه شده است.

با توجه به مقادیر P در ســـتون آخر جدول ۷ می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری در شـــمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های پسته قبل از تفکیک وجود داشته است ($P<۰/۰۵$). در حالی که تفاوت معنی‌داری در این خصوصیت بعد از تفکیک مشاهده نشده است ($P>۰/۰۵$).

با توجه به نتایج مربوط به لگاریتم شـــمارش کلی میکروارگانیســـم‌ها قبل از تفکیک، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری در لگاریتم میانگین شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها نمونه‌های پسته در کلیه نمونه‌ها به جز نمونه C وجود ندارد. همچنین نتایج بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها بعد از تفکیک می‌باشد.

نتایج حاصل از بررسی میزان کپک و مخمر در نمونه‌های پسته تهیه شده از ۷ شرکت فعال در زمینه درجه‌بندی پسته در جدول ۸ ارائه شده است.

آنالیز واریانس نتایج ارائه شـــده در جدول ۸ در ســـطح اطمینان ۰/۰۵ جهت تعیین تأثیر ویژگی‌های نوار جداســـاز چشمی (نوار تفکیک) بر لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های پسته در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۶- لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های پسته ۷ شرکت درجه‌بندی.

نام شرکت	انحراف معیار ± شمارش کلی (Log CFU/g)	
	قبل از تفکیک	بعد از تفکیک
A	۲/۲±۰/۱[a]	۱/۳±۰/۱[b]
B	۲/۱±۰/۲[a]	۱/۳±۰/۱[b]
C	۱/۳±۰/۱[b]	۱/۰±۰/۲[b]
D	۲/۰±۰/۱[a]	۱/۳±۰/۱[b]
E	۲/۱±۰/۱[a]	۱/۰±۰/۲[b]
F	۲/۳±۰/۲[a]	۱/۰±۰/۲[b]
G	۲/۱±۰/۱[a]	۱/۰±۰/۲[b]

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و ردیف اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در سطح ۰/۰۵ ندارند.

جدول ۷- آنالیز واریانس اثر روش درجه بندی پسته بر لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های پسته.

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	متوسط مربعات	مقدار F	مقدار P
قبل از تفکیک	۳/۶۷۶	۶	۰/۶۱۳	۱۱/۲۴۳	۰/۰۰۰
بعد از تفکیک	۱/۱۴۳	۶	۰/۱۹۰	۱/۶۶۷	۰/۱۵۸

جدول ۸- میزان کپک و مخمر در نمونه‌های پسته تهیه شده از ۷ شرکت درجه بندی پسته.

نام شرکت	انحراف معیار ± کپک و مخمر (Log CFU/g)	
	قبل از تفکیک	بعد از تفکیک
A	۱/۷±۰/۱^{a}	۱/۰±۰/۰^{b}
B	۱/۳±۰/۱^{a}	۱/۰±۰/۰^{b}
C	۱/۰±۰/۰^{b}	۱/۰±۰/۰^{b}
D	۱/۲±۰/۱^{ab}	۱/۰±۰/۰^{b}
E	۱/۰±۰/۰^{b}	۱/۰±۰/۰^{b}
F	۱/۷±۰/۱^{a}	۱/۰±۰/۰^{b}
G	۱/۰±۰/۰^{b}	۱/۰±۰/۰^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و ردیف اختلاف معنی‌داری با یکدیگر در سطح ۰/۰۵ ندارند.

جدول ۹- آنالیز واریانس اثر روش درجه بندی پسته بر لگاریتم میزان کپک و مخمر در نمونه‌های پسته.

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	متوسط مربعات	مقدار F	مقدار P
قبل از تفکیک	۳/۵۴۲	۶	۰/۵۹۰	۴/۰۴۴	۰/۰۰۴
بعد از تفکیک	۰/۰۰۰	۶	۰/۰۰۰	---	۱/۰۰۰

د- کپک و مخمر

با توجه مقادیر P در ستون آخر جدول ۹ می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری در بر لگاریتم میزان کپک و مخمر در نمونه‌های پسته قبل از تفکیک وجود داشته است($P<۰/۰۵$). در حالی که تفاوت معنی‌داری بر این خصوصیت بعد از تفکیک مشاهده نشده است ($P>۰/۰۵$). بر اساس مقایسه میانگین نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های نوار جداساز چشمی (نوار تفکیک) بر لگاریتم میزان کپک و مخمر در نمونه های پسته، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت معنی‌داری در این خصوصیت در نمونه‌های پسته A و C وجود دارد. در حالی که تفاوت معنی‌داری در لگاریتم میزان کپک و مخمر در نمونه‌های A، B و F و همچنین نمونه‌های C، E و G مشاهده نمی شود. علی‌رغم وجود تفاوت معنی‌دار در نمونه‌های B و C

تفاوت معنی‌داری در لگاریتم میزان کپک و مخمر در نمونه D و دو نمونه مذکور مشاهده نشده است. همچنین نتایج بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در لگاریتم میزان کپک و مخمر در نمونه‌های پسته بعد از تفکیک می‌باشد.

نتایج بررسی شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها نشان داد تفاوت معنی داری در لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه های قبل از تفکیک مشاهده می شود. مقایسه میزان شمار کلی میکروارگانیسم‌ها با حد مجاز شمار کلی میکروارگانیسم‌ها ارائه شده در استاندارد ملی ایران (ISIRI, 2007) به شماره ۲۱۸ (معادل ۵ Log CFU/g) نشان داد قبل از فرآیند تفکیک میزان شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در کلیه نمونه های پسته زیر حد استاندارد بوده است. بیشترین میزان لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها قبل از فرآیند تفکیک مربوط به شرکت F (معادل۲/۳) و کمترین آن مربوط به شرکت C (معادل ۱/۳) بود. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که در همه روش‌های بکار رفته در شرکت‌ها، شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در اثر فرآیند تفکیک کردن کاهش یافته است.

مقایسه میزان لگاریتم میزان کپک و مخمر با حد مجاز شمار کلی میکروارگانیسم‌ها ارائه شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۸ (معادل ۲ Log CFU/g) نشان داد قبل از فرآیند تفکیک میزان لگاریتم میزان کپک و مخمر در کلیه نمونه های پسته زیر حد استاندارد بوده است. بیشترین میزان لگاریتم میزان کپک و مخمر مربوط به شرکت F (معادل ۱/۷) و کمترین آن مربوط به شرکت C (معادل ۱/۰) بود. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که در همه روش‌های بکار رفته در شرکت‌ها به جز شرکت‌های C، G و E لگاریتم میزان کپک و مخمر در اثر فرآیند تفکیک کردن کاهش یافته است. نتایج نشان داد تفاوت معنی داری در لگاریتم میزان کپک و مخمر پس از فرآیند تفکیک مشاهده نمی شود.. شاکری و همکاران (۱۳۹۴) مطالعه ای با هدف بررسی میزان آلودگی میکروبی پسته تولیدی در شهرستان‌های کرمان، رفسنجان، زرند و سیرجان در استان کرمان انجام دادند. نمونه‌ها به تفکیک از پایانه های سنتی و صنعتی، در سه مرحله شامل اوائل، اواسط و اواخر دوره برداشت پسته و سه فاصله مختلف از زمان برداشت تا پوست گیری تهیه گردید. نتایج نشان داد که میانگین جمعیت کل کپک ها، کپک های آسپرژیلوس و باکتری های کلی فرم و *اشریشیا کلی* به ترتیب ۳۸۹۲،۲۱۰۰۰، ۳۰۹۴ و ۱/۱ CFU در هر گرم بود، هر چند جمعیت میکروبی بین نمونه‌های شهر ستان‌های مختلف ($P<۰/۰۵$) و جمعیت کپک‌ها بین نمونه‌های پایانه های سنتی و صنعتی ($P<۰/۰۵$) متفاوت بود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق در بررسی تأثیر ویژگی های نوار جداساز چشمی (نوار تفکیک) بر ویژگی های میکروبی و آفلاتوکسین پسته خشک نشان داد در همه روش‌های بکار رفته در شرکت‌ها، درصد کاهش آفلاتوکسین B_1 و کل پس از فرآوری پسته، بیش از ۸۵ درصد اندازه‌گیری شده است. مقایسه مشخصات نوار تفکیک در شرکت‌های مورد بررسی نشان دهنده اهمیت طول نوار جداسازی و همچنین تعداد و میانگین سن کارگران و وجود اتاقک مخصوص بر میزان کاهش آفلاتوکسین است. به طوری که طول نوار تفکیک و تعداد کارگران بیشتر و میانگین سنی پایین‌تر کارگران سبب افزایش درصد کاهش آفلاتوکسین در نمونه ها می شود. همچنین وجود اتاقک مخصوص تفکیک کردن و شدت نور بر درصد کاهش آفلاتوکسین تأثیرگذار بوده است. مقایسه میزان آفلاتوکسین قبل از فرآیند تفکیک کردن با مقادیر استاندارد اروپا نشان دهنده مقادیر بسیار بالاتر از حد استاندارد میزان آفلاتوکسین در نمونه‌ها بود. در حالی که پس از فرآیند تفکیک کردن علی‌رغم کاهش مقدار آفلاتوکسین در نمونه‌ها در زیر حد استاندارد FDA و ایران و به جز چند شرکت بالاتر حد مجاز استاندارد اروپا بود. نتایج بررسی شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و کپک و مخمر نشان داد این شاخص ها در اثر فرآیند تفکیک کردن کاهش یافته است. مقایسه میزان لگاریتم شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و لگاریتم میزان کپک و مخمر با حد مجاز استاندارد ملی ایران به شماره ۲۱۸ نشان داد قبل از فرآیند تفکیک این خصوصیات در کلیه نمونه های پسته زیر حد استاندارد بوده است. با توجه به عدم تفاوت معنی دار در این خصوصیت پس از فرآیند تفکیک می‌توان نتیجه گرفت که مشخصات نوار تفکیک تأثیری بر بار میکروبی نمونه ها نداشته است. در مجموع با در نظر گرفتن پارامترهای اندازه گیری شده در این تحقیق، طول نوار تفکیک، میانگین سن و تعداد کارگران تأثیر بسزایی بر خصوصیات محصول نهایی از نظر میزان آفلاتوکسین و آلودگی قارچی و میکروبی دارد.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان از پژوهشکده پسته و موسسه آموزش عالی کار (واحد رفسنجان) به خاطر کمک در اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می نمایند.

منابع

۱- ابوحسین، گ، فلاح تفتی، ن، امیر احمدی، م، کلانتری خاندانی، ن، علی آبادی، س، پز شک، ن، سبزواری، ا. (۱۳۸۳). بررسی تأثیر sorting بر کاهش آفلاتوکسین محموله پسته. همایش سم شناسی و مسمومیت های ایران،۱۶ تا ۱۸ آذر ماه، انجمن سم‌شناسی ایران، تهران،

۲- درگاهی، ر، مرادی، م، فانی، س‌ر، معصومی، ح. (۱۳۹۳). ارزیابی میزان آفلاتوکسین B1 در بخش های مختلف میوه پسته و تاثیر مراحل فرآوری بر مقدار آن. *بهداشت مواد غذایی*، ۴(۳): ۳۱-۲۱.

۳- شاکر اردکانی، ا. (۱۳۹۴). اصول برداشت و پس از برداشت پسته. نشریه علمی ترویجی، موسسه تحقیقات پسته کشور.

۴- شاکری، پ، ر ضایی، م، و میرهادی، س‌ا. (۱۳۹۴). تأثیر سیلوکردن بر ارزش غذایی و برخی خ صو صیات فیزیکی و شیمیایی محصول فرعی پسته، *تولیدات دامی*، ۱۴(۱): ۷۰-۵۹.

۵- گسیلی، ع. (۱۳۸۴). بررسی نیازها و عوامل حاکم در فرآیند تولید، حمل و نقل، انبارداری، بسته بندی و صادرات محصول پسته. دفتر توسعه طراحی و ترویج امور بسته‌بندی وزارت بازرگانی، ۱۶ صفحه.

۶- صارمی، ح، اخوت، س‌م، صارمی، ه. (۱۳۸۶). راه‌های کنترل قارچ آسپرژیلوس فلاووس مهمترین عامل تولید آفلاتوکسین در پسته به منظور افزایش صادرات این محصول. *پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران*، ۳(۲): ۲۷-۲۱.

۷- مردی، م، زین العابدینی، م، و تاج‌آبادی‌پور، ع. (۱۳۹۴). کاربرد نشانگرهای ریزماهواره جهت شناسایی و ثبت ارقام پسته. *مجله بیوتکنولوژی کشاورزی*، ۷(۲): ۱۵۴-۱۳۵.

8- Ahmed, A, Abass, SE, & Ahmed Elbashir, A. (2016). Determination of Aflatoxins in Groundnut and Groundnut products in Sudan using AflaTest® and HPLC. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 14(2): 35-39.

9- Boutrif, E. (1998). Prevention of aflatoxin in pistachios. *Food Nutrition and Agriculture*, 32-37.

10- Campbell, B. C. Molyneux, R. J. & Schatzki, T. F. (2003). Current research on reducing pre-and post-harvest aflatoxin contamination of US almond, pistachio, and walnut. *Journal of Toxicology: Toxin Reviews*, 22(2-3): 225-266.

11- Cheraghali, A, Yazdanpanah, H, Doraki, N, Abouhossain, G, Hassibi, M, & Ali-Abadi, S. (2007). Incidence of aflatoxins in Iran pistachio nuts. *Food and Chemical Toxicology*, 45(5): 812-816.

12- Dini, A, Khazaeli, P, Roohbakhsh, A, Madadlou, A, Pourenamdari, M, Setoodeh, L, & Khodadadi, E. (2013). Aflatoxin contamination level in Iran's pistachio nut during years 2009–2011. *Food Control*, 30(2): 540-544.

13- Doster, MA, & Michailides, TJ. (1994). Aspergillus molds and aflatoxins in pistachio nuts in California. *Phytopathology, 84*(6): 583-590.

14- Emami, A, Suzagar, M, & Barnett, R. (1977). Contamination of pistachio nuts with aflatoxins while on the trees and in storage. *Zesz Probl Postepow Nauk Roln*, 189: 135-140.

15- Fani, SR, Moradi, M, Probst, C, Zamanizadeh, HR, Mirabolfathy, M, & Haidukowski, M. (2014). A critical evaluation of cultural methods for the identification of atoxigenic Aspergillus flavus isolates for aflatoxin mitigation in pistachio orchards of Iran. *European Journal of Plant Pathology*, 140(4): 631-642.

16- Ghahdarijani, MM, & Javanshah, A. (2006). Distribution of aflatoxin in processed pistachio nut terminals *Proceedings of the IVth International Symposium on Pistachios and Almonds* (pp. 431-435). Leuven 1: International Society Horticultural Science.

17- Hajimohammadi, B, Ehrampoush, MH, Hashemi, S, Khalatbari Limaki, S, Zare, F, & Taheri Soudjani, M. (2017). The effect of electron irradiation on aflatoxin B1 in pistachio production process inoculated with Aspergillus flavus. *Tolooebehdasht*, 16(2): 1-8.

18- ISIRI. (2007). Pistachio kernel -Specifications and test methods (218). Karaj: Institute of Standards and Industrial Research of Iran.

19- ISIRI. (2013). Cereal product and pulses , flour and soya protein- Microbiological specification and test methods (2393). Karaj: Iranian National Standardization Organization.

20- Pakravan, MR, & Kavoosi Kalashami, M. (2011). Future prospects of Iran, US and Turkey's pistachio exports. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 1(3): 181-188.

21- Shakerardekani, A, Karim, R, & Mirdamadiha, F. (2012). The effect of sorting on aflatoxin reduction of pistachio nuts. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(1): 459-461.

22- Shakerardekani A, & Mirdamadiha F. (2018). The effects of segregating stained nuts on reducing the aflatoxin content of ahmad-aghaei, fandoghi and kale-ghoochi pistachio cultivars. *Pistachio and Health Journal*, 1(4): 32-37.