مجله دانشکده پزشکی اصفهان
سال سی و سوم/شماره ۳۶۸/هفته چهارم اسفند ماه ۱۳۹٤

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۷

آلودگی آرد و انواع نان به آفلاتوکسین و ارزیابی خطر دریافت آفلاتوکسین از طریق مصرف نان در ایران

سمیرا شکری جوکاری[۱]، دکتر مریم میرلوحی[۲]، دکتر لاله مشرف[۳]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: در سال‌های اخیر، اطلاعات کمی از شیوع آفلاتوکسین در آرد و مقایسه‌ی آن در نان‌های سنتی و حجیم موجود در بازار منتشر شده است. در پژوهش حاضر، حدود آلودگی به آفلاتوکسین در برخی از محصولات نانوایی و ارزیابی خطر دریافت آن مورد بررسی قرار گرفت.

روش‌ها: در این مطالعه‌ی مقطعی- تجربی، ۶۶ نمونه شامل ۲۹ نمونه‌ی مختلف آرد ستاره، ۱۴ نمونه‌ی نان سنتی، ۱۰ نمونه‌ی نان حجیم و ۱۳ نمونه‌ی مغز برای تزیین نان به صورت تصادفی از کارخانه‌ها و نانوایی‌های مختلف استان اصفهان جمع‌آوری و از نظر حضور باقی‌مانده‌ی آفلاتوکسین به روش کیت اختصاصی Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) بررسی شد. ارزیابی خطر دریافت آفلاتوکسین برای مصرف کنندگان با استفاده از شاخص خطر محاسبه و داده‌ها به کمک آزمون‌های آماری One-way ANOVA و آزمون Fishers least significant difference (Fisher's LSD) تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: کلیه‌ی نمونه‌های مورد مطالعه، حاوی آفلاتوکسین در محدوده‌ی ۰/۵-۶/۵۴ قسمت در بیلیون (Parts per billion یا ppb) و کمتر از حد استاندارد ملی ایران (۱۵ ppb) تشخیص داده شدند. محدوده‌ی آلودگی در نان‌های سنتی دو برابر نان‌های حجیم محاسبه گردید. ضریب خطر بین ۱۰۱-۵/۴ و عامل خطر اضافی بروز سرطان در طول عمر بالاتر از $۱۰^{-۴}$ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: اگر چه نتایج بررسی میزان باقی‌مانده‌ی آفلاتوکسین در نمونه‌های آرد و نان، نشان دهنده‌ی نمای ایمنی از نظر آلودگی نان به آفلاتوکسین است، اما بالاتر بودن ضریب خطر برآورد شده از دریافت آفلاتوکسین در نان، نسبت به حدود قابل تحمل برای بدن نشان دهنده‌ی لزوم کاهش سرانه‌ی مصرف نان در رژیم غذایی است.

واژگان کلیدی: آرد، آفلاتوکسین، ارزیابی خطر، Enzyme-linked immunosorbent assay، نان

ارجاع: شکری جوکاری سمیرا، میرلوحی مریم، مشرف لاله. **آلودگی آرد و انواع نان به آفلاتوکسین و ارزیابی خطر دریافت آفلاتوکسین از طریق مصرف نان در ایران.** مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۳۹۴؛ ۳۳ (۳۶۸): ۲۴۲۸-۲۴۲۰

مقدمه

بر اساس عادات غذایی مرسوم در ایران، به طور معمول نان بخش مهمی از رژیم غذایی را تشکیل می‌دهد. علاقه و سلیقه‌ی ایرانی در انتخاب و مصرف نان را می‌توان در تولید تجاری و گسترده‌ی انواع نان‌های سنتی مانند سنگک، بربری، لواش و تافتون مشاهده کرد که از سال‌های دور همچنان بخش مهمی از بازار نان را به خود اختصاص می‌دهند (۱). مصرف سرانه‌ی نان در ایران، بین ۱۶۴-۱۳۹ کیلوگرم در سال است (۲) که در مقایسه با کشورهای غربی مثل سوئیس، فرانسه، آمریکا و آلمان با مصرف سرانه به ترتیب ۴۱، ۵۳-۵۶، ۲۹-۲۶ و ۸۵-۸۰ کیلوگرم، به مراتب بسیار بالاتر است. مصرف سرانه‌ی نان در ایران حتی نسبت به برخی از کشورهای آسیایی مثل هند با ۹۷ کیلوگرم مصرف سرانه‌ی نان و ترکیه با شباهت‌های فرهنگی بیشتر که سرانه‌ی مصرف نان در آن ۱۰۰ کیلوگرم ذکر شده است، نیز بسیار بالاتر است (۳).

مهم‌ترین مشکل رواج و مطلوبیت نان‌های سنتی در ایران، بالا بودن ضایعات پس از تولید آن‌ها می‌باشد. طبق مطالعات صورت گرفته، مقدار ضایعات نان در شهر تهران ۱۳/۵ درصد برآورد شده است (۴). این موضوع، موجب شده است تا سیاست‌گذاران در

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقات امنیت غذایی و گروه بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده‌ی تغذیه و علوم غذایی و کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- استادیار، مرکز تحقیقات امنیت غذایی و گروه صنایع غذایی، دانشکده‌ی تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده‌ی مسؤول: مریم میرلوحی
Email: m_mirlohi@hlth.mui.ac.ir

سال‌های اخیر، با انواع تمهیدات سعی بر رواج نان حجیم با اختصاص سهم بیشتری به آنان در بازار داشته باشند. تشویق تولید کنندگان برای تولید بیشتر این نوع نان با اختصاص یارانه‌ی آرد و آموزش و معرفی انواع متنوع نان حجیم و ارزش تغذیه‌ی آن‌ها برای مصرف کنندگان از جمله‌ی این فعالیت‌ها در سال‌های اخیر بوده است (۵).

کیفیت نان‌های عرضه شده در بازار از نظر آلودگی به سموم قارچی، یکی از مسایل مهم در سلامت مصرف کنندگان و عموم جامعه است. تاکنون چندین مطالعه در مورد شیوع و فراوانی مایکوتوکسین‌ها در گندم، آرد و نان صورت گرفته است و در مورد هر سه محصول، گستره‌ی بسیار متفاوتی از آلودگی گزارش شده است. برای مثال، از دو مطالعه‌ی بررسی شیوع آفلاتوکسین در دانه‌ی گندم که در شمال کشور صورت گرفته است، یکی ۲۴ درصد از نمونه‌های گندم مورد مطالعه را غیر قابل مصرف گزارش کرد (۶)؛ در حالی که در مطالعه‌ی دیگر، هیچ نمونه‌ی غیر قابل مصرفی تشخیص داده نشد (۷). در مورد آرد گندم، در کشور دو گزارش از بررسی میزان آفلاتوکسین در منابع علمی منتشر شده است. در این مورد نیز گستره‌ی وسیعی از آلودگی گزارش شده است. بهفر و همکاران در خوزستان با بررسی آفلاتوکسین در ۳۲ نمونه‌ی آردگندم، گزارش کردند که با وجود شیوع آلودگی در همه‌ی نمونه‌های مورد مطالعه، آلودگی هیچ کدام از نمونه‌ها فراتر از حدود مجاز نبوده است (۸). کوهیان و همکاران با مطالعه‌ی ۱۶ نمونه‌ی آرد گندم با روش Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)، گزارش کردند که ۸/۱۲ درصد از نمونه‌های آرد، ۴/۳۷ درصد از نمونه‌های برنج، ۲۱/۲۵ درصد از نمونه‌های پنیر و ۵/۶۲ درصد از نمونه‌های ماست به آفلاتوکسین آلوده بودند و تنها دو مورد از نمونه‌های مورد بررسی (۱/۲۵ درصد) دارای آلودگی بیش از حد مجاز و غیر قابل مصرف تشخیص داده شد (۹).

نکته‌ی قابل توجه در مطالعات صورت گرفته در مورد آرد، عدم توجه به طبقه‌بندی آردهای مورد آزمایش بر اساس مورد مصرف آن‌ها در تهیه‌ی نان بوده است. تنها یک مطالعه در مورد آرد مورد استفاده برای نان سنگک حدود آلودگی به آفلاتوکسین را به طور قابل توجهی بیش از حد مجاز نشان داده است (۱۰). در مورد شیوع آلودگی انواع نان به سموم قارچی، تاکنون اطلاعات کمی از غلظت آفلاتوکسین در ایران منتشر شده است؛ به طوری که تنها مطالعه‌ی موجود، از شیوع اکراتوکسین در ایران، حدود ۲۰ درصد از نان‌های عرضه شده در شهرکرد را حاوی حدود بالاتراز غلظت استاندارد اکراتوکسین و غیر قابل مصرف گزارش کرده است. بر اساس این مطالعه، آلودگی نان‌های سنتی و گسترده، نسبت به انواع نان باگت و حجیم، حدود ۳ برابر ارزیابی شد (۱۱).

ایمنی غذا، یک اصل اساسی و مورد توجه در سلامت عمومی جامعه است و فرایند «ارزیابی خطر»، راهی مشخص در جهت تسهیل در تصمیم‌گیری در مورد مواد مخاطره‌آمیز در مواد غذایی است. با توجه به این که یکی ازمهم‌ترین مشکلات مایکوتوکسین‌ها، خاصیت تجمع پذیری آن‌ها در بدن انسان است، محاسبه‌ی نسبت مواجهه در طول عمریک فرد به حدود مجازتعیین شده، می‌تواند نشان دهنده‌ی نسبت دریافت روزانه‌ی آلوده کننده به طور مزمن باشد. این موضوع، توسط Li و همکاران و همچنین Wang و همکاران با استفاده از شاخص خطر Hazard quotient مورد بررسی قرار گرفت (۱۳-۱۲).

با توجه به رویکرد گسترش مصرف نان‌های حجیم و خلأ اطلاعاتی موجود از غلظت آفلاتوکسین در آرد اختصاص یافته برای این نان‌ها، مطالعه‌ی حاضر با هدف بررسی این موضوع و خطر دریافت آفلاتوکسین از طریق مصرف دو گروه نان سنتی و حجیم در جامعه‌ی ایرانی تعیین گردید. به دلیل تنوع در انواع نان‌های سنتی، از دو نوع نان سنگک و بربری به عنوان نماینده‌ی نان سنتی استفاده شد.

روش‌ها

این تحقیق، به شکل یک مطالعه‌ی تحلیلی از نوع تجربی انجام شد. در این مطالعه، جامعه‌ی آماری شامل آرد مورد استفاده برای تهیه‌ی چند نوع نان حجیم (n = ۲۹) شامل ۲۴ نمونه‌ی آرد سفید، ۳ نمونه‌ی آرد روگن و ۲ نمونه‌ی آرد سوخاری بود. نان حجیم (n = ۱۰) شامل ۷ نمونه‌ی باگت و ۳ نمونه‌ی نان همبرگر، نان سنتی شامل نان سنگک (n = ۱۰)، نان بربری (n = ۴) و اجزای مورد استفاده برای تهیه‌ی نان شامل کنجد سیاه (n = ۴)، کنجد سفید (n = ۵) و مغز تخمه (n = ۴) بود. لیست کارخانه‌ها و نانوایی‌ها از اداره‌ی بهداشت و نظارت بر مواد غذایی استان اصفهان تهیه گردید. نمونه‌های آرد از چند شرکت اصلی توزیع کننده‌ی آرد نان حجیم شامل غنچه، لاله و مطهر، کیار، هرند، زاینده‌رود و بهارستان و نمونه‌های نان، کنجد و مغز تخمه، از نانوایی‌هایی سطح شهر جمع‌آوری شد. مراحل نمونه‌گیری بر اساس استاندارد شماره‌ی ۱۲۰۰۵ سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (روش نمونه‌برداری محصولات کشاورزی جهت آزمون آفلاتوکسین) انجام گرفت. نمونه‌ها در شرایط مناسب ۴-۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل و تا زمان انجام مطالعه، در شرایط ۱۸- درجه‌ی سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.

اندازه‌گیری آفلاتوکسین با کیت تجاری بر اساس روش ELISA: استخراج نمونه‌ها مطابق دستورالعمل کیت صورت گرفت. در مرحله‌ی استخراج، حدود ۳۰ گرم از هر نمونه آسیاب شد تا ترکیب بسیار همگنی به دست آمد. سپس ۳ گرم از نمونه‌ی آسیاب شده، داخل یک لوله‌ی آزمایش ریخته شد و ۹ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد به

آن اضافه شد و به مدت ۳۰ دقیقه Shake شد. مخلوط حاصل، به مدت ۱۰ دقیقه با شتاب ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۵۰ میکرولیتر از قسمت رویی، با ۱۵۰ میکرولیتر Dilution buffer رقیق گردید. سطح آلودگی نمونه‌های آماده‌سازی شده، با RIDASCREEN و استفاده از روش ELISA به کمک کیت (ساخت کشور هلند) و مطابق دستورالعمل شرکت سازنده، اندازه‌گیری شد.

به این منظور، ۵۰ میکرولیتر از محلول‌های استاندارد و نمونه‌های آماده‌سازی شده به کمک سمپلر به حفره‌های میکروپلیت اضافه شد. برای هر استاندارد و نمونه، سرسمپلر جداگانه مورد استفاده قرار گرفت. ۲۵ میکرولیتر محلول کنژوگه و ۲۵ میکرولیتر محلول آنتی‌بادی (Aflatoxin-A-HRP یا Aflatoxin-A-horseradish peroxidase) به حفره‌های میکروپلیت اضافه شد. سپس به مدت ۱ ساعت به دور از نور و در حرارت ۳۷ درجه‌ی سانتی‌گراد انکوبه شد. سپس، مایع موجود در میکروپلیت خارج شده و با ضربه زدن ملایم به میکروپلیت و قرار دادن آن به شکل وارونه بر روی کاغذهای جاذب، رطوبت مایع موجود در حفره‌ها به طور کامل تخلیه شد. آن گاه، همه‌ی حفره‌ها با ۳۰۰ میکرولیتر بافر مخصوص شستشو، سه بار شسته شد و هر بار، بعد از تخلیه‌ی مایع شستشو، میکروپلیت به طور وارونه بر روی چند لایه دستمال کاغذی قرار می‌گرفت تا به طور کامل باقی‌مانده‌ی آب شستشو خارج شود. به این ترتیب، موادی که بعد از این مدت در واکنش شرکت نکرده بودند، خارج شدند. سپس ۱۰۰ میکرولیتر سوبسترا به هر حفره اضافه شد و در نهایت، محلول توقف واکنش به مقدار ۱۰۰ میکرولیتر به حفره‌ها اضافه شد و میزان جذب هر نمونه، در طول موج ۴۵۰ نانومتر خوانده شد و اطلاعات مربوط به میزان جذب هر حفره به تفکیک ثبت گردید.

بازیابی روش: برای اعتبارسنجی کیت ELISA مورد استفاده، ۳ گرم نمونه‌ی آرد روگن در این مطالعه با ۵۰۰ میکرولیتر از محلول استاندارد ۱ قسمت در بیلیون (Parts per billion یا ppb) اسپایک شد و مطابق نمونه‌های عادی با دو بار تکرار، مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج میزان بازیابی، ۷۸/۲ درصد محاسبه گردید.

تعیین خطر دریافت سم آفلاتوکسین در نمونه‌های نان: جهت برآورد خطر بروز آثار غیر سرطان‌زایی سم آفلاتوکسین، از شاخص ضریب خطر بر اساس فرمول ۱ استفاده شد.

$$HQ = \frac{\text{Exposure dose}}{\text{RfD}}$$

$$\text{Exposure dose} = \frac{Ci \times Dv \times Ed}{Bw \times At} \text{mg/Kg/day}$$

فرمول ۱

ضریب خطر Hazard quotient (HQ)، نسبت دریافت روزانه به صورت مزمن به دز مرجع می‌باشد که دریافت آن در طول عمر، هیچ گونه عارضه‌ای ایجاد نمی‌کند. Concentration index (Ci)، غلظت آفلاتوکسین در مواد غذایی مختلف (ppb یا قسمت در بیلیون) و Daily value (Dv) میزان سرانه‌ی مصرف مواد غذایی (کیلوگرم/روز) می‌باشد. علاوه بر این، Exposure duration (Ed) طول عمر مواجهه و At (Average lifetime) طول عمر فرد برابر ۷۰ سال و Body weight (Bw) میانگین وزن افراد بالغ ایرانی است که ۷۰ کیلوگرم در نظر گرفته شده است.

Excess lifetime cancer risk = Exposure dose * Slope Factor

فرمول ۲

عامل ارزیابی خطر اضافی بروز سرطان در طول عمر در این معادله، شاخصی برای سرطان‌زایی سم دریافتی است و در صورتی که کمتر از یک میلیونیم محاسبه شود، شرایط قابل اغماضی را برای سرطان‌زا بودن سم دریافتی نشان خواهد داد. در صورتی که محاسبه‌ی اعداد بالاتر از ۱/۱۰۰۰۰۰ از این شاخص نشان می‌دهد که این خطر، قابل چشم‌پوشی نیست و باید به شکل دقیق‌تر و با حساسیت بیشتری مورد بررسی قرار گیرد.

در این پژوهش، از tolerable daily intake (TDI) به میزان ۰/۱۵-۰/۱۹ نانوگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن روزانه (۱۴) و Provisional maximum tolerable daily intake (PMTDI) به میزان ۱ نانوگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن روزانه (۱۵) به عنوان شاخص مرجع و از Cancer slope factor (SFC) $^{-1}$۲۹۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن روزانه، به عنوان شیب سرطان‌زایی برای انجام محاسبات استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۸ (version 18, SPSS Inc., Chicago, IL) صورت گرفت. میانگین تکرار آزمایش‌ها در هر مرحله، با استفاده از آزمون Repeated measures one-way ANOVA با ضریب اطمینان ۹۵ درصد به دست آمد. جهت مقایسه‌ی میانگین‌ها، از آزمون تعقیبی Fishers least significant difference (Fisher's LSD) انجام شد.

یافته‌ها

در جدول ۱، میانگین غلظت و حدود آلودگی به آفلاتوکسین در کلیه‌ی نمونه‌های آرد، نان و مغزهای مورد استفاده در تهیه‌ی نان در این تحقیق آمده است. کلیه‌ی نمونه‌های مورد مطالعه، حامل آفلاتوکسین در محدوده‌ی بین ۰/۵-۶/۵۴ قسمت در بیلیون بودند. با

این حال، حدود آلودگی در هیچ نمونه‌ای از حد استاندارد ملی (۱۵ قسمت در بیلیون) فراتر نبود. فراوانی شیوع آفلاتوکسین در بین نمونه‌های آرد مورد بررسی، نشان داد که آرد روگن بالاترین آلودگی را داشت. بر اساس آزمون One-way ANOVA با اطمینان ۹۵ درصد، اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت آلودگی در نمونه‌های آرد مورد بررسی مشاهده شد ($P \leq ۰/۰۵$). مقایسه‌ی میانگین غلظت آفلاتوکسین در نمونه‌ی آردهای ستاره، روگن و سوخاری با آزمون Fisher's LSD نشان داد که بین میانگین نمونه‌های آرد ستاره با آرد روگن، از نظر آماری با سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P \leq ۰/۰۵$) (جدول ۱).

میانگین غلظت سم در کلیه‌ی انواع نان مورد بررسی، ۰/۹۲ ± ۱/۹۹ قسمت در بیلیون محاسبه شد که نمای ایمنی از غلظت آفلاتوکسین در انواع نان موجود در بازار را نشان می‌دهد. با این حال، بر اساس نتایج آزمون One-way ANOVA اختلاف آماری معنی‌داری بین میانگین غلظت آفلاتوکسین در نمونه‌های مختلف نان مشاهده شد ($P \leq ۰/۰۵$).

نان‌های سنتی (سنگک و بربری) به طور قابل توجهی آلوده‌تر از نان‌های حجیم (نان باگت و همبرگر) ارزیابی شدند. در نان سنتی، ۱۰۰ درصد نمونه‌های مورد بررسی به آفلاتوکسین آلوده بودند؛ در حالی که در نان حجیم سه نمونه حاوی مقادیر غیر قابل ردیابی تشخیص داده شدند. مقایسه‌ی میانگین آلودگی با آزمون تعقیبی Fisher's LSD نشان دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار بین نان سنگک و نان بربری ($P > ۰/۰۵$)، نان باگت و نان همبرگر ($P > ۰/۰۵$) و تفاوت معنی‌داری از میانگین حدود آلودگی بین دو گروه نان سنتی و صنعتی بود ($P < ۰/۰۵$).

در رابطه با مغزهای مورد استفاده برای تزیین نان، شیوع فراوانی آفلاتوکسین در نمونه‌های کنجد سفید،کنجد سیاه و مغزتخمه، پایین‌تر ازحد استاندارد ملی ایران (۱۵ قسمت در بیلیون) مشاهده شد. آزمون One-way ANOVA و آزمون Fisher's LSD اختلاف آماری معنی‌داری بین میانگین نمونه‌های کنجد و مغز تخمه را نشان داد ($P \leq ۰/۰۵$) (جدول ۱)؛ به طوری که میانگین آلودگی در نمونه‌های مغز تخمه حدود دو برابر نمونه‌های کنجد سیاه و سفید مشاهده شد.

در مبحث تخمین میزان خطر دریافت آفلاتوکسین از طریق مصرف نان، یک چالش اساسی برای تعیین حد قابل تحمل روزانه‌ی این آلاینده وجود دارد. این عدد، به عنوان شاخص خطر مقایسه‌ای مهم در ارزیابی خطر مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آن جایی که برای آفلاتوکسین و مشتقات آن، خاصیت سرطان‌زایی قائل شده‌اند، در بسیاری از سازمان‌های ایمنی، اطلاعاتی واقعی از حد مجاز دریافت روزانه در قالب TDI به عنوان دز مرجع (RFD یا Reference dose) ارایه نشده است.

به این ترتیب، در برخی از منابع علمی معتبر یا بر حسب ادعای برخی از محققان متخصص در این امر، اعداد و ارقام مختلفی گزارش گردیده است. مشکل این است که این اعداد، تا حدودی با یکدیگر متفاوت هستند؛ از این رو، در مطالعه‌ی حاضر با توجه به جستجوی عمیقی که در کلیه‌ی موارد مربوط انجام گردید، سه عدد که در منابع علمی معتبر پیشین از آن‌ها به عنوان حد مجاز قابل تحمل روزانه یا دز مرجع استفاده شده بود، استخراج و به عنوان منبع مقایسه، در جدول مورد استفاده قرار گرفت. بدون در نظر گرفتن آثار سرطان‌زایی آفلاتوکسین، بر اساس این جدول ضریب خطر دریافت آفلاتوکسین از طریق مصرف، از ۱۰۱-۵/۴ متفاوت می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۱. فراوانی و میزان سم آفلاتوکسین (نانوگرم بر گرم)در نمونه‌های مختلف مورد مطالعه

	نمونه	تعداد (درصد)	میانگین ± انحراف معیار*	حداقل آلودگی	حداکثر آلودگی	مقدار P
A	آرد ستاره	۲۴ (۱۰۰)	۱/۳۲ ± ۰/۰۹^{a}	۰/۵۱	۱/۹۵	
	آرد روگن	۳ (۱۰۰)	۲/۸۶ ± ۱/۸۶^{bc}	۰/۵۰	۶/۵۴	۰/۰۱۷
	آرد سوخاری	۲ (۱۰۰)	۱/۲۶ ± ۰/۲۷^{ac}	۰/۹۹	۱/۵۴	
B	نان بربری	۴ (۱۰۰)	۲/۵۷ ± ۰/۲^{a}	۱/۷۱	۳/۴۵	
	نان سنگک	۱۰ (۱۰۰)	۲/۳۷ ± ۰/۳۸^{a}	۲/۱۰	۳/۸۴	۰/۰۰۱
	نان باگت	۷ (۷/۴۲)	۰/۸۸ ± ۰/۰۸^{b}	۰/۶۷	۱/۱۶	
	نان همبرگر	۳ (۶۶/۶)	۱/۱۵ ± ۰/۱۶^{b}	۰/۹۹	۱/۳۲	
C	کنجد سیاه	۴ (۱۰۰)	۱/۱۰ ± ۰/۰۸^{a}	۰/۹۲	۱/۲۱	
	کنجد سفید	۵ (۱۰۰)	۱/۵۰ ± ۰/۱۵^{a}	۰/۸۵	۲/۱۰	۰/۰۱۳
	مغز تخمه	۴ (۱۰۰)	۲/۲۶ ± ۰/۱۷^{b}	۱/۷۳	۲/۷۶	

* هر یک از سه گروه مواد غذایی مورد آزمایش، حروف کوچک لاتین در هر ستون نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار بین میانگین نتایج در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

جدول ۲. مقایسه‌ی ضریب خطر و خطر سرطان‌زایی سم آفلاتوکسین دریافتی از طریق مصرف [b] انواع نان

نان	Ci[a]	HQ[c]	HQ[d]	HQ[e]	Cancer Risk[f]
سنگک	۲/۴۷	۱۵/۱۷	۷۹/۸۵	۱۰۱	۰/۰۴
بربری	۲/۳۶	۱۴/۴۹	۷۶/۳۰	۹۶	۰/۰۴
باگت	۰/۸۸	۵/۴۰	۲۸/۴۵	۳۶	۰/۰۱
همبرگر	۱/۱۵	۷/۰۶	۳۷/۱۸	۴۷	۰/۰۲

[a] Ci = در نان میانگین آلودگی آفلاتوکسین (ppb یا Parts per billion)؛ b = وزن در محاسبه، میزان مصرف سرانه برای یک فرد بالغ (۷۰ kg) ۰/۴۳ kg/day در نظر گرفته شده است؛ [c] HQ = در محاسبه، شاخص مرجع PMTDI (۱ ng/kgbw.d) در نظر گرفته شده است؛ [d] HQ = در محاسبه، شاخص مرجع TDI (۰/۱۹ ng/kgbw.d) در نظر گرفته شده است؛ [e] HQ = در محاسبه، شاخص مرجع TDI (۰/۱۵ ng/kgbw.d) در نظر گرفته شده است؛ [f] Cancer slope factor = در محاسبه، $۲۹۰۰^{-۱}$ mg/kgbw.d در نظر گرفته شد.

با توجه به این که شرایط ایمنی کامل مصرف، زمانی محقق می‌گردد که ضریب خطر کمتر از عدد ۱ باشد، نتایج به دست آمده در این مطالعه، حتی با استفاده از بالاترین حدود سمیت آفلاتوکسین، شرایط مناسبی را از نظر ایمنی مصرف نان نشان نمی‌دهد. علاوه بر این، اطلاعات به دست آمده از برآورد خطر سرطان‌زایی آفلاتوکسین دریافتی از طریق مصرف نان در جدول ۲ نشان دهنده‌ی وجود خطر بیش از حد پایه‌ی ۱ نفر در هر یک میلیون نفر) برای ایجاد سرطان در جامعه مصرف کننده است.

بحث

با توجه به اهمیت و پایداری سهم مصرف نان در سبد مصرفی خانوار، تأمین ایمنی و سلامت نان تأثیر به‌سزایی در سلامت عموم و همچنین بر شاخص‌ها و متغیرهای اقتصاد کشورمان دارد. جایگاه نان و گندم در رژیم غذایی انسان اهمیت انجام تحقیقات و مطالعات مربوط به ایمنی آن را مشخص می‌کند. در سال‌های اخیر، بخشی از مطالعات بهداشت و ایمنی مواد غذایی به بررسی وضعیت آلودگی گندم، آرد و نان به انواع سموم قارچی اختصاص یافته است.

مطالعه‌ی حاضر نشان داد که بقایای آفلاتوکسین در همه‌ی نمونه‌های آرد و نان توزیع شده در بازار و مورد مصرف در جامعه، قابل ردیابی است. با این حال، آلودگی هیچ یک از نمونه‌ها فراتر از حد استاندارد ملی ایران نبودند؛ به طوری که بالاترین سطح آلودگی مشاهده شده در این مطالعه، کمتر از نیمی از حد مجاز باقی‌مانده‌ی آفلاتوکسین در آرد بود، اما با وجود غلظت پایین تعیین شده، محاسبات ارزیابی خطر سم دریافتی از نظر عوارض غیر از سرطان و همین‌طور سرطان‌زایی، گویای شرایط مناسبی از وضعیت فعلی نبود. نتایج بخش اول مطالعه‌ی حاضر از نظر فراوانی و گسترش آفلاتوکسین در آرد با برخی دیگر از مطالعات انجام شده در کشور در مورد آلودگی نمونه‌های گندم به آفلاتوکسین هم‌خوانی دارد.

هدایتی و محمدپور با مطالعه‌ی نمونه‌های گندم در استان مازندران گزارش کردند که میانگین غلظت آفلاتوکسین در نمونه‌های گندم پایین‌تر از حدود مجاز بوده است؛ اگرچه حدود آلودگی در مطالعه‌ی آن‌ها ۳-۲ برابر بیش از غلظت‌های مشاهده شده در مطالعه‌ی حاضر بود (۱۶). در همین ارتباط کوهیان و همکاران نیز میانگین آلودگی نمونه‌های گندم موجود در انبارهای شهرتهران را پایین‌تر از حدود مجاز گزارش کردند. اگر چه در مطالعه‌ی آن‌ها دو نمونه از آرد مورد مطالعه، آلودگی بیش ار حدود مجاز نشان داد (۹). بر خلاف دو مطالعه‌ی پیش‌گفته، محمودی و همکاران در استان مازندران به بررسی آلودگی آفلاتوکسین و اکرانوکسین در ۷۰ نمونه‌ی گندم پرداختند. مقایسه‌ی حدود آلودگی در مطالعه‌ی آن‌ها با حدود مجاز تعیین شده در استاندارد ملی ایران (آفلاتوکسین و اکراتوکسین به ترتیب ۱۵ و ۵ قسمت در بیلیون)، نشان داد که حدود آلودگی در مورد این دو مایکوتوکسین، به ترتیب در ۲۴ و ۹ درصد نمونه‌ها فراتر از حد مجاز است (۶).

تمام این مطالعات بر نمونه‌های گندم انجام شده‌اند، اما از آن جایی که در حین انجام آزمایش، نمونه‌های گندم به طور کامل همراه با سبوس آسیاب شده و به شکل نمونه‌ی آرد کامل موردآزمایش قرار می‌گیرد، پایین‌تر بودن حدود آلودگی در نتایج به دست آمده از آرد سبوس گرفته (ستاره) در مطالعه‌ی حاضر نسبت به مطالعات قبلی، قابل توجیه است. شیوع بالای آلودگی دانه‌های گندم به آفلاتوکسین و سایر سموم قارچی در برخی از مطالعات بین‌المللی نیز مشخص شده است.

نتایج این مطالعه از نظر غلظت آفلاتوکسین با نتایج مطالعه‌ی محمد حسنی و همکاران در مورد آلودگی شدید آرد کامل مورد استفاده برای تهیه‌ی نان سنگک توزیع شده در شهر اصفهان، به طور کامل متفاوت بود. با توجه به این که در هر دو مطالعه از روش آزمایشی یکسان استفاده شده است، تفاوت در محتوای سبوس در دو آرد مورد بررسی در این دو مطالعه، می‌تواند نشان دهنده‌ی آلودگی شدید سبوس‌های مورد استفاده در تهیه‌ی نان سنگک در این استان باشد. در مطالعه‌ی اخیر، نشان داده شد که بیش از ۵۰ درصد از

آفلاتوکسین در نمونه‌ی خمیر پس از فرایند تخمیر و پخت در نان کاهش پیدا می‌کند (۱۰). با این حال، نتایج پژوهش حاضر در مورد آلودگی نان سنگک نیز نشان دهنده‌ی سلامت این نان در جامعه‌ی مورد بررسی بود. شاید تفاوت در تخمیر و پخت دو گروه نان سنتی و صنعتی در اختلاف مشاهده شده از غلظت آلودگی آن‌ها به آفلاتوکسین، مؤثر بوده است.

باید توجه داشت که نان‌های حجیم مثل نان باگت و نان مخصوص همبرگر، هر دو از آرد سفید و با درجه‌ی استخراج پایین تهیه شدند؛ در حالی که در تهیه‌ی نان‌های سنتی سنگک و بربری، درصد استخراج آرد با افزودن سبوس به آن افزایش پیدا می‌کند. در همین ارتباط، Vidal و همکاران، سبوس گندم و سبوس چاودار به عنوان خارجی‌ترین جزء دانه که بالاترین احتمال آلودگی به سموم قارچی را دارا می‌باشد، علت بالا بودن آلودگی آرد سبوس‌دار نسبت به آرد سفید معرفی نمودند (۱۷).

رحیمی و همکاران، گزارش کردند که حدود آلودگی انواع نان مورد مصرف در جامعه به سم اکراتوکسین، پایین‌تر از حدود مجاز است. نتایج مطالعه‌ی آنان با یافته‌های مطالعه‌ی حاضر از نظر پایین‌تر بودن میانگین غلظت سم آفلاتوکسین در انواع نان، همخوانی دارد، اما فراوانی نمونه‌های مثبت در مطالعه‌ی حاضر نسبت به مطالعه‌ی اخیر بیشتر بود؛ به طوری که در مطالعه‌ی رحیمی و همکاران، ۳۳/۳ درصد نمونه‌های نان باگت آلوده به اکراتوکسین بود، در حالی که در مطالعه‌ی حاضر، میزان آلودگی آفلاتوکسین در نان باگت، ۷۰ درصد محاسبه شد (۱۱).

قابل توجه است که مطالعات بین‌المللی نیز بیشتر به آلودگی انواع نان از نظر سم اکراتوکسین توجه کرده‌اند. Bento و همکاران گزارش کردند که بیش از ۵۰ درصد نمونه‌های نان در کشور اسپانیا، آلوده به اکراتوکسین هستند. با این حال، میزان آلودگی در مطالعه‌ی آن‌ها بسیار کمتر از حدود مجاز این سم در اتحادیه‌ی اروپا (۳ قسمت در بیلیون) تشخیص داده شده بود (۱۸).

در مطالعات مشابه، Zinedine و همکاران در کشور مراکش به بررسی آلودگی اکراتوکسین بر روی ۱۰۰ نمونه‌ی نان گندم پرداختند. با وجود فراوانی نسبی نمونه‌های آلوده به میزان ۴۸ درصد، حدود آلودگی در آن‌ها از ۱۴۹-۰/۱۴ قسمت در بیلیون گزارش شد و ۲۶ درصد از نمونه‌های مثبت، بیش از حداکثر سطح (۳ قسمت در بیلیون) تعیین شده توسط مقررات اروپایی برای اکراتوکسین در غلات، حبوبات و مشتقات آن ذکر گردید (۱۹). Sugita-Konishi و همکاران در ژاپن به بررسی مایکوتوکسین دئوکسی نیوالنول در ۱۴۵ نمونه‌ی آرد و نان گندم پرداختند. بر اساس نتایج مطالعه‌ی اخیر، میزان آلودگی در آرد و نان حاصل از آن به ترتیب ۷۸۰ و ۷۲۰ قسمت در بیلیون گزارش شد و به ترتیب میزان ۲۴ و ۷ درصد نمونه‌ها بالاتر از حد مجاز اتحادیه‌ی اروپا (۵۰۰ قسمت در بیلیون) آلوده بودند (۲۰).

می‌توان گفت که مهم‌ترین نتیجه‌ی به دست آمده از مطالعه‌ی حاضر، عدم همخوانی بخش اول مطالعه با نتیجه‌ی ارزیابی خطر دریافت آفلاتوکسین از طریق مصرف نان است. این تناقض، می‌تواند زاییده‌ی دو دلیل اصلی باشد. اول این که مصرف سرانه‌ی بالای نان موجب افزایش دریافت سم می‌شود و حتی در مقادیر ناچیز تشخیص داده شده در این مطالعه، میزان دریافت آن را افزایش می‌دهد و دلیل دیگر را می‌توان دز مرجع بسیار پایین سم آفلاتوکسین و همین‌طور شاخص شیب سرطان‌زایی بزرگ این سم دانست.

پایین بودن دز مرجع به عنوان شاخصی برای قابل تحمل بودن این سم برای بدن، باعث شده است که در مطالعات مشابه، خطر دریافت آفلاتوکسین بسیار بیشتر از سایر سموم ارزیابی شود. برای مثال در مطالعه‌ی Villa و Markaki ارزیابی خطر دریافت آفلاتوکسین B_1 و اکراتوکسین A از طریق مصرف غلات صبحانه‌ی موجود در فروشگاه‌های شهر آتن ارزیابی شد و در حالی که تنها در ۷ نمونه از ۵۵ نمونه‌ی مورد آزمایش، میزان آلودگی فراتر از حد مجاز اروپا (۱۵-۱۰ قسمت در بیلیون) گزارش شد، میانگین غلظت آفلاتوکسین B_1 در ۵۶/۳ درصد نمونه‌ها ۱/۴۲ قسمت در بیلیون و میانگین آلودگی اکراتوکسین در ۶۰/۰ درصد نمونه‌ها ۰/۱۸ قسمت در بیلیون بیان گردید. نکته‌ی قابل توجه این است که با وجود غلظت پایین هر دو سم تشخیص داده شده در نمونه‌های مطالعه‌ی اخیر، خطر دریافت اکراتوکسین از غلات صبحانه در همه‌ی گروه‌های سنی مختلف ناچیز شمرده شد، اما خطر دریافت آفلاتوکسین از مصرف ۵۰ گرم غلات صبحانه‌ی آلوده به آفلاتوکسین در کودکان با وزن ۲۰ کیلوگرم ۱۰ برابر بالاتر، مصرف ۱۰۰ گرم از غلات صبحانه در نوجوانان با وزن ۵۰ کیلوگرم و یک فرد بالغ با وزن ۷۰ کیلوگرم، ۶ برابر بالاتر از PMTDI (به میزان ۱ نانوگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن روزانه) ارزیابی گردید (۱۵). به این ترتیب، خطر زیاد دریافت آفلاتوکسین از طریق مواد غذایی که غلظت سم در آن‌ها کمتر از حدود مجاز تعیین شده است، همچنان که در مطالعه‌ی حاضر مشاهده شد در مطالعه‌ی اخیر نیز گزارش شده است. شایان ذکر است مصرف سرانه‌ی نان در ایران ۴۳۰ گرم در روز، چندین برابر بیش از مقادیر غلات صبحانه‌ای (۱۰۰-۵۰ گرم) در نظر گرفته شده در مطالعه‌ی Villa و Markaki (۱۵) است و از آن جایی که دز مرجع مورد استفاده در آن مطالعه به عنوان یکی از شاخص‌های مرجع در مطالعه‌ی حاضر نیز استفاده شد، محاسبه‌ی احتمال خطر بالاتر در مطالعه‌ی حاضر به طور کامل قابل توجیه است. این موضوع نشان دهنده‌ی اثر کوچک بودن میزان قابل تحمل این سم در این گونه

مطالعات ارزیابی خطر آن است. از طرفی، این شاخص بین سایر مقادیر اعلام شده توسط سایر سازمان‌ها نیز بالاترین مقدار است.

در یک مطالعه‌ی مروری، Andrade و Caldas خطر دریافت چند نوع آفلاتوکسین شامل AFB1، AFB2، AFG1 و AFG2، از طریق مصرف چندین نوع غله شامل ذرت، برنج، سورگوم و گندم در سراسر جهان را با استفاده از داده‌های منتشر شده ارزیابی کردند. آن‌ها در مطالعه‌ی خود برای تخمین مقادیر دریافت آفلاتوکسین از اطلاعات به دست آمده از ۱۷ خوشه‌ی رژیم غذایی استفاده نمودند. بر اساس نتایج مطالعه‌ی آن‌ها، نقش برنج، گندم، ذرت و سورگوم در دریافت کلی آفلاتوکسین به ترتیب، ۴۱/۶، ۳۵/۴، ۲۱/۲ و ۱۸/۰ درصد ارزیابی گردید. ضریب خطر در این مطالعه، بسته به رژیم غذایی از ۵۶-۱۰ متفاوت بود که نشان دهنده‌ی خطر بالقوه برای مصرف کنندگان است و برآورد خطر سرطان‌زایی در محدوده‌ی متفاوتی از ۰/۴۶۷-۰/۰۵۷ در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر گزارش گردید (۲۱). در این مطالعه نسبت به مطالعه‌ی حاضر، برای محاسبه‌ی خطر سرطان‌زایی از شاخص ۰/۰۱ نانوگرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن روزانه در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر استفاده شد. در روش پیش‌گفته، از نسبت دادن میزان مواجهه با سم به عدد ۰/۰۱ با واحد یکسان، عدد بدون واحدی به دست می‌آید که نشان دهنده‌ی تعداد افزوده‌ی افرادی است که در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر بر اثر این مواجهه مستعد سرطان خواهند شد و اگر این نسبت به ۱ در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر برسد، خطر جدی از این طریق جامعه را تهدید خواهد کرد. با اتخاذ این روش محاسبه در مطالعه‌ی حاضر، این عدد ۰/۱۵ به دست آمد که در محدوده‌ی ذکر شده در مطالعه‌ی Andrade و Caldas است و شرایط ایمن‌تری را نسبت به روش مقایسه‌ی خطر در مطالعه‌ی حاضر نشان می‌دهد.

باید توجه داشت که عدم هماهنگی در دز مرجع اعلام شده برای این سموم، از چالش‌های اساسی برای ارزیابی خطر دریافت آن است. با توجه به حدود مجاز تعیین شده حتی در اتحادیه‌ی اروپایی که قوانین سخت‌گیرانه‌تری نسبت به سایر نقاط دنیا برای حدود مجاز در غذا تدوین شده است، آلودگی ماده غذایی مثل نان که تأمین کننده‌ی حدود نیمی از انرژی در رژیم غذایی انسان است، به بالاترین حدود مجاز موجب دریافت چندین برابر از حدود قابل تحمل این سم می‌گردد.

این مطالعه، با محدودیت‌هایی از قبیل کمبود مطالعات مشابه در زمینه‌ی ارزیابی خطر در سطح ملی، همگن نبودن مطالعات خارجی برای تعیین دز مرجع به عنوان TDI و شاخص سرطان‌زایی آفلاتوکسین روبه‌رو بود.

می‌توان از این مطالعه چنین نتیجه‌گیری کرد که اغلب نمونه‌ها از نظر حضور آفلاتوکسین مثبت تلقی می‌شوند و در هیچ یک از نمونه‌ها میزان آلودگی بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۱۵ قسمت در بیلیون) نبود (جدول ۱)، اما بالاتر بودن ضریب خطر برآورد شده از دریافت آفلاتوکسین در نان، نسبت به حدود قابل تحمل برای بدن و بالاتر بودن خطر سرطان‌زایی آفلاتوکسین دریافت شده از حدود پایه، نشان دهنده‌ی لزوم کاهش سرانه‌ی مصرف نان در رژیم غذایی است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد سمیرا شکری جوکار به شماره‌ی طرح ۳۹۴۰۰۷ مصوب دانشکده‌ی تغذیه و علوم غذایی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان استخراج شد. بدین وسیله نویسندگان از مرکز تحقیقات امنیت غذایی جهت حمایت مالی و تمامی عزیزانی که در این پژوهش ما را یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

1. Majzoobi M, Pashangeh S, Farahnaky A, Eskandari MH, Jamalian J. Effect of particle size reduction, hydrothermal and fermentation treatments on phytic acid content and some physicochemical properties of wheat bran. J Food Sci Technol 2014; 51(10): 2755-61.
2. Mosharraf L, Kadivar M, Shahedi M. Effect of hydrothermaled bran on physicochemical, rheological and microstructural characteristics of Sangak bread. J Cereal Sci 2009; 49(3): 398-404.
3. Babashahi M, Mirlohi M, Ghiasvand R, Azadbakht L. Comparison of soymilk and probiotic soymilk effects on serum high-density lipoprotein cholesterol and low-density lipoprotein cholesterol in diabetic Wistar rats. ARYA Atheroscler 2015; 11(Suppl 1): 88-93.
4. Karami F, Omrani GhA, Shoeibi Sh, Tabraee B, Rahimifard N, Arjomandi R. Survay of fungal contamination of bread wastes recycled in the regions 6 and 7 of Tehran Municipality. Iran J Med Microbiol 2012; 6(3): 52-8. [In Persian].
5. Doaee A. The study of factors affect the quality of bread. Tehran, Iran: Ministry of Agriculture, Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute; 2008. p. 85. [In Persian].
6. Mahmoudi M, Aryaee P, Ghanbari M, Ansari H, Nourafcan H. The determination of aflatoxin and ochratoxin of flour and wheat in northern Iran. Proceedings of the International Conference on Environment, Agriculture and Food Sciences; 2012 Aug 11-12; Phuket, Thailand.
7. Taheri N, Semnani S, Roshandel G, Namjoo M, Keshavarzian H, Chogan A, et al. Aflatoxin contamination in wheat flour samples from Golestan Province, northeast of Iran. Iran J Public Health

2012; 41(9): 42-7.
8. Behfar A, Khorasgani ZN, Mosavi A. Determination of aflatoxin (B1, B2, G 1, G2) levels in wheat flour. Toxicology Letters 2008; 180(Suppl): S179.
9. Kouhian K, Kazemi MH, Akbari M, Soleiman Meigooni S, Esavand A. Survay the level of aflatoxin B1 and M1 in a number of nutrients in food ware house of NEZAJA units in Tehran in 2010. Nurse and Physician Within War 2012; (15-16): 16-18. [In Persian].
10. Mohammad Hasani F, Mirlohi M, Mosharraf L. Occurrence of aflatoxin in wheat flour specified for Sangak bread and its reduction through fermentation and baking practices. 2015. [Under Publication].
11. Rahimi E, Erfani M, Shakerian A. Frequency of ochratoxin A in bread consumed in Shahrekord. J Shahrekord Univ Med Sci 2014; 16(2): 63-9. [In Persian].
12. Wang Y, Sheng D, Wang D, Yang X, Wu J. Non-carcinogenic baseline risk assessment of heavy metals in the Taihu Lake Basin, China. Hum Ecol Risk Assess 2011; 17(1): 212-8.
13. Li Y, Liu J, Cao Z, Lin C, Yang Z. Spatial distribution and health risk of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the water of the Luanhe River Basin, China. Environ Monit Assess 2010; 163(1-4): 1-13.
14. Sekiyama BL, Ribeiro AB, Machinski PA, Machinski Junior M. Aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in maize-based food products. Braz J Microbiol 2005; 36: 289-94.
15. Villa P, Markaki P. Aflatoxin B1 and ochratoxin A in breakfast cereals from athens market: Occurrence and risk assessment. Food Control 2009; 20(5): 455-61.
16. Hedayati MT, Mohammadpour RA. The contamination rate of stored wheat samples of mazandaran province by aspergillus flavous and aflatoxin (2003). Behbood J 2005; 9(1): 52-61. [In Persian].
17. Vidal A, Marin S, Ramos AJ, Cano-Sancho G, Sanchis V. Determination of aflatoxins, deoxynivalenol, ochratoxin A and zearalenone in wheat and oat based bran supplements sold in the Spanish market. Food Chem Toxicol 2013; 53: 133-8.
18. Bento JMV, Pena A, Lino CM, Pereira JA. Determination of ochratoxin A content in wheat bread samples collected from the Algarve and Braganca regions, Portugal: Winter 2007. Microchem J 2009; 91(2): 165-9.
19. Zinedine A, Juan C, Idrissi L, Maes J. Occurrence of ochratoxin A in bread consumed in Morocco. Microchem J 2007; 87(2): 154-8.
20. Sugita-Konishi Y, Park BJ, Kobayashi-Hattori K, Tanaka T, Chonan T, Yoshikawa K, et al. Effect of cooking process on the deoxynivalenol content and its subsequent cytotoxicity in wheat products. Biosci Biotechnol Biochem 2006; 70(7): 1764-8.
21. Andrade PD, Caldas ED. Aflatoxins in cereals: worldwide occurrence and dietary risk assessment. World Mycotoxin 2015; 8(4): 415-31.

Journal of Isfahan Medical School
Received: 14.10.2015
Vol. 33, No. 368, 4th Week, March 2016
Accepted: 17.01.2016

Flour and Bread Aflatoxin Contamination and Risk Assessment of Aflatoxin Intake through Bread Consumption in Iran

Samira Shokri-Jokari[1], Maryam Mirlohi PhD[2], Laleh Mosharraf PhD[3]

Original Article

Abstract

Background: In recent years, limited information has been provided regarding the occurrence of aflatoxins in flour samples and in traditional flat breads in comparison to the leavened breads in Iran. In this study, aflatoxin contamination in some bakery products and assessment of risk of aflatoxin intake were investigated.

Methods: In this experimental cross-sectional study, 66 samples including 29 different flour samples, 14 traditional flat bread samples, 10 leavened bread samples, and 13 samples of sesame and seeds used for dressing breads were randomly collected from different factories and bakeries in Isfahan, Iran, and examined for aflatoxin residue using the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) specific kit. The risk of aflatoxin intake for consumers was assessed using hazard quotient and mean and data analysis was conducted using one-way ANOVA and Fisher's least significant difference (LSD).

Findings: Aflatoxin residue was found in all of the studied samples in the range of 0.5 to 6.54 pbb and did not exceed the national standard level (15 pbb). Traditional flat breads contained two times more aflatoxin than leavened breads. Hazard quotient ranged from 5.4 to 101 and the relative carcinogenic risk was higher than 10^{-4}.

Conclusion: Despite the low aflatoxin contamination levels in bread in this study, the hazard index of higher than the tolerable limit for humans showed that reduction of daily bread consumption in Iran is critical.

Keywords: Aflatoxin, Bread, Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), Flour, Risk assessment

Citation: Shokri Jokari S, Mirlohi M, Mosharraf L. **Flour and Bread Aflatoxin Contamination and Risk Assessment of Aflatoxin Intake through Bread Consumption in Iran.** J Isfahan Med Sch 2016; 33(368): 2420-8

1- MSc Student, Food Security Research Center AND Department of Food Safety and Hygiene, School of Nutrition and Food Sciences AND Student Research Committee, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- Assistant Professor, Food Security Research Center AND Department of Food Technology, School of Nutrition and Food Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Isfahan Agricultural and Natural Resources Education and Research Center, Isfahan, Iran
Corresponding Author: Maryam Mirlohi PhD, Email: m_mirlohi@hlth.mui.ac.ir