Archive of SID

مطالعه تاثیر فرایند تولید آرد از گندم و پخت نان در میزان آفلاتوکسین B_1 در شهرستان کیار استان چهارمحال و بختیاری

ایرج صفیان بلداجی[1]، هانیه نوذری[2*]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، گرایش آلودگی محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران.
۲. گروه محیط زیست، واحد آباده، دانشگاه آزاد اسلامی، آباده، ایران.

***نویسنده مسئول:** *hnowzari@iauabadeh.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۸

چکیده

آفلاتوکسین‌ها مایکوتوکسین‌هایی هستند که توسط گونه‌های قارچی مانند *Aspergillus* و *Penicillium* تولید می‌شوند که درمیان آن‌ها آفلاتوکسینB_1 یکی از قوی‌ترین سرطان‌زاهای کبدی در گونه‌های جانوری می‌باشد. گندم، آرد و نان از پرمصرف‌ترین مواد غذایی انسانی و محیط مغذیَ برای رشد انواع کپک‌های مولد مایکوتوکسین می‌باشند. باتوجه به موقعیت کارخانه تولید آرد شهرستان کیار و مدت‌زمان ماندن طولانی گندم‌ها در انبارهای آن، هدف از این مطالعه بررسی میزان آفلاتوکسینB_1 در گندم وآرد این کارخانه و نان تولیدی از آن‌ها بود. در این مطالعه تعداد ۲۷ نمونه گندم، آرد و نان (از هر مورد نه نمونه) از کارخانه آرد شهرستان کیار جمع‌آوری و تهیه گردید و میزان آفلاتوکسینB_1 نمونه‌ها به روش کروماتوگرافی مایع باکارایی‌بالا (HPLC) تعیین گردید. نتایج نشان داد میزان آفلاتوکسینB_1 در نمونه‌های گندم، آرد و نان‌های تولیدی از آن‌ها از حد استانداردملی کمتر است بنابراین این مواد غذایی به آفلاتوکسینB_1 آلوده نیستند. همچنین میزان آفلاتوکسینB_1 نمونه‌های گندم از نمونه‌های نان و نمونه‌های آرد از نمونه‌های نان بیشتر است بنابراین کاهش این سم طی تولید خمیرمایه و حرارت ناشی از پختن به‌طور مؤثر رخ می‌دهد. از طرف دیگر، با توجه به همبستگی خطی قوی بین میزان آفلاتوکسینB_1 در گندم، آرد و نان، افزایش این سم در گندم موجب افزایش آن در آرد ونان خواهد شد؛ پس کاهش موثرتر تولید این سم در گندم‌ها با کنترل دما و رطوبت در سیلوهای گندم منجربه کاهش بیشتر آن در آردها ونان‌ها خواهد شد. بنابراین پایش انبارهای گندم‌ها ازنظر تهویه، تولید خمیر برای تهیه انواع محصولات غذایی و پختن مواد درحرارت مطلوب پیشنهاد می شود.

کلید واژه ها: آفلاتوکسین B_1، گندم، آرد، نان.

مقدمه

گندم محصولی استراتژیک و مهم در زندگی انسان محسوب می‌شود. به دلیل نقش اصلی گندم و محصولات آردی آن در جیره غذایی انسان و حیوانات، در صورت آلوده بودن می‌تواند نقش بسیار مهمی در به خطر انداختن سلامت آن‌ها ایفا نماید (هوشمند و همکاران، ۱۳۹۳).

نگهداری و ذخیره‌سازی گندم پروسه‌ای پیچیده و فعال است چون دانه گندم پس از برداشت نیز تحت تاثیر دما و رطوبت محیط می‌تواند به عنوان یک ارگانیسم زنده، کلیه اعمال حیاتی ظاهری مانند تنفس، متابولیسم و رشـد را انجام دهد و در معرض تغییرات شیمیایی و بیولوژیکی ازجمله رشد قارچ و آلوده شدن به مایکوتوکسین‌ها قرار گیرد (دستورالعمل سازمان غذا و دارو، ۱۳۹۲؛ زابلی و همکاران، ۱۳۹۳).

آفلاتوکسین‌ها مایکوتوکسین‌هایی هستند که توسط گونه‌های قارچی مانند Aspergillus و Penicillium (کامکار و کریم، ۱۳۷۸) و عمدتاً از سه نوع قارچ *Aspergillus flavus* و *Aspergillus parasiticus* و *Aspergillus nomius* تولید می‌شوند (ماهتابانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Bhat and Vasanthi, 2003). تاکنون ۱۸ نوع آفلاتوکسین شناخته شده است (کوهیان و همکاران، ۱۳۹۰؛ مکتبی و همکاران، ۱۳۹۳) که

www.SID.ir

Archive of SID

اهمیت شش نوع آن شامل B_1، B_2، G_1، G_2، M_1 وM_2 (نجفیان، ۱۳۹۲؛ زابلی و همکاران، ۱۳۹۳؛ هدایتی و محمدپور، ۱۳۸۴) به‌ویژه نوع M_1 و B_1 در صنایع غذایی و سلامت انسان بیش از بقیه آن‌هاست (Kamkar, 2004; Li et al., 2013). آفلاتوکسین نوع B_1 خطرناک‌ترین نوع سم است که سرطان‌زا و عامل اختلالات مادر زادی است و باعث نقص و ناهنجاری در جنین می‌شود؛ این سم در انسان و حیوانات با اتصال و ایجاد آسیب به DNA و جهش‌زایی در ژن P_{53} باعث ابتلا به سرطان کبد و اختلال در سیستم ایمنی می‌شود (زابلی و همکاران، ۱۳۹۳؛ نجفیان، ۱۳۹۲). آفلاتوکسین B_1 در دستگاه گوارش حتی در مقدار کم و به راحتی قابل جذب است و می‌تواند باعث مسمومیت مزمن در انسان شود (جعفری و همکاران، ۱۳۹۵) که مسمومیت غذایی با آفلاتوکسین در انسان و حیوانات اهلی، آفلاتوکسیکوز نامیده می شود (مهدی زاده و همکاران، ۱۳۸۷). در ایران حد مجاز مجموع انواع آفلاتوکسین‌ها در غلات ppb ۱۵ و آفلاتوکسین B_1 در گندم، آرد و نان ppb ۵ است (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۱).

در سال‌های گذشته بررسی و تشخیص آلودگی مواد غذایی به آفلاتوکسین‌ها موضوع تعدادی از مقالات علمی را به خود اختصاص داده است. در مطالعه‌ای که توسط نامجو و همکاران (۱۳۸۸) درخصوص تعیین میزان آفلاتوکسین در گندم سیلوهای استان گلستان انجام شد، از ۳۴ نمونه گندم ۱۰ نمونه (۲۹/۴ درصد از کل نمونه‌ها) دارای آفلاتوکسین بود که در نه نمونه میزان آفلاتوکسین در حد مجاز استاندارد و در یک نمونه (۲/۹ درصد از کل نمونه‌ها) آفلاتوکسین B_1 بیش از حد مجاز بود (نامجو و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج مطالعه بامیار و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد بیشترین میزان کاهش آفلاتوکسین B_1 در استفاده از مخمر و حرارت ناشی از پخت رخ می‌دهد (بامیار و همکاران، ۱۳۹۱). در مطالعه‌ای که توسط شکری جوکاری و همکاران (۱۳۹۴) در خصوص آلودگی آرد و انواع نان به آفلاتوکسین انجام شد، از ۶۶ نمونه آرد و نان که به‌صورت تصادفی از کارخانه‌ها و نانوایی‌های مختلف استان اصفهان جمع‌آوری شد، تمامی نمونه‌های مورد مطالعه حاوی آفلاتوکسین کمتر از حد استاندارد بودند (شکری جوکاری و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه ای که توسط رنجبر و همکاران (۱۳۹۸) بر روی ۵۰ نمونه برنج خوزستان و غلات وارداتی گندم، ذرت و جو انجام شد، میزان آفلاتوکسین B_1 در جو و گندم درحد استاندارد بود اما ۸/۴ درصد نمونه های ذرت آلودگی بیش از حدمجاز آفلاتوکسین B_1 داشتند (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه ای که توسط شاکریان و همکاران (۱۳۹۸) بر روی ۱۰۸ نمونه شیرینی سنتی یزدی انجام شد، میزان آفلاتوکسین B_1 در همه نمونه ها کمتر ازحد مجاز استاندارد بود و اعلام کردند حرارت کوره شیرینی پزی عامل موثر در از بین رفتن این سم قارچی است (شاکریان و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه‌ای Hwang و Lee (۲۰۰۶) به تیمارهای مختلف در کاهش میزان آفلاتوکسین B_1 درگندم اشاره و اعلام کردند بخار و حرارت مستقیم در کاهش سمیت آفلاتوکسین B_1 در گندم مؤثرند (Hwang and Lee, 2006). در مطالعه Uma Reddyو همکاران (۲۰۱۰) اعلام شد استفاده از مخمرها و حرارت لازم جهت پخت نان باعث کاهش چشمگیری در میزان آفلاتوکسین B_1 می‌گردد (Uma Reddy et al., 2010). در مطالعه‌ای Bakherad و Feizy (۲۰۱۸) فراوانی آفلاتوکسین ها را در ۳۲ نمونه دانه بادام زمینی بوداده شده تعیین و اعلام کردند غلظت آفلاتوکسین B_1 در ۷ نمونه از حد مجاز بیشتر بود (Bakherad and Feizy, 2018).

شهرستان کیار در استان چهارمحال و بختیاری دارای آب وهوای معتدل کوهستانی با میانگین بارندگی و دما ۴۵۰ میلیمتر و ۱۱ درجه سانتیگراد در سال می باشد. کارخانه تولید آرد شهرستان کیار در روستای سرتشنیز در ۳۵ کیلومتری شهرکرد قرار دارد که در سال ۱۳۷۴ توسط بخش خصوصی احداث گردیده است. توان تولید این واحد صنعتی ۱۵۰ تن در شبانه‌روز بوده که علاوه بر

www.SID.ir

JFM Archive of SID

تأمین آرد مورد نیاز شهرستان کیار با توجه به تنوع تولید، آرد مورد نیاز دیگر صنایع غذایی را نیز تأمین می‌کند. از آنجایی که مصرف مواد غذایی آلوده به مایکوتوکسین‌ها بخصوص آفلاتوکسین B_1 بیماریهای مختلف و آسیب های اقتصادی در جامعه بشری ایجاد می‌کنند و از طرفی باتوجه به موقعیت جغرافیایی تنها کارخانه تولید آرد شهرستان کیار که در دامنه‌ی شیبدار کوه سرتشنیز واقع شده و انبارهای ذخیره سازی گندم که از نوع زیرزمینی می‌باشند و مهیا بودن شرایط از لحاظ دما و رطوبت لازم جهت رشد قارچ‌ها، تولید آفلاتوکسین بسیار محتمل است. لذا هدف از این مطالعه بررسی گندم، آرد و نان تولید شده از نظر میزان آفلاتوکسین B_1 در شهرستان کیار استان چهارمحال و بختیاری و تعیین سلامت آن‌ها بود.

روش کار

در این تحقیق سه نمونه گندم تازه، گندم خط تولید و گندم انبار (سه نمونه از گندم‌های تازه برداشت شده از مزارع که در کامیون‌های در حال تخلیه به سیلوی کارخانه بود، سه نمونه گندم بوجاری شده و روی خط تولید آرد و سه نمونه از گندم ذخیره شده در انبار کارخانه با زمان ماندن بیش از چند ماه) و در مجموع نه نمونه گندم به صورت تصادفی طبقه بندی شده طبق روش‌های استاندارد از کارخانه آرد واقع در شهرستان کیار در اسفند ماه سال ۱۳۹۷ تهیه گردید. سپس از هر نمونه گندم سه نمونه آرد بطور جداگانه (در مجموع نه نمونه آرد) طبق روش‌های استاندارد (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۰a) آسیاب شد و از هر نمونه آرد سه نمونه نان (در مجموع نه نمونه نان) در نانوایی حکمی واقع در شهر شلمزار پخته شد و در نهایت تمام ۲۷ نمونه به آزمایشگاه کیمیاپژوه البرز شهرکرد منتقل شدند و توسط دستگاه HPLC (High Performance Liquid Chromatography) مدل hp و ساخت کشور آمریکا به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) میزان آفلاتوکسین B_1 در هر نمونه تعیین گردید (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۰b). دستگاه HPLC دستگاهی برای جداسازی، شناسائی و مقدار سنجی اجزای یک ترکیب است. این دستگاه شامل قسمت های مخازن محلول، موتور یا پمپ، انژکتور، ستون، آشکارساز و ثبت کننده می باشد که پس از آنکه نمونه آماده سازی شد وارد دستگاه شده و میزان آفلاتوکسین آن تعیین می شود.

تشریح فرایندهای انجام شده مذکور بدین صورت بود که ابتدا نه نمونه گندم با وزن تقریبی هر نمونه یک کیلوگرم از کارخانه جمع‌آوری شد. سپس نه نمونه ۱۰۰ گرمی از گندم برچسب‌گذاری شده و بلافاصله به آزمایشگاه ارسال و مابقی نمونه های گندم با حفظ شرایط لازم برای تبدیل به آرد به محل آسیاب دستی برده شدند؛ در مرحله آسیاب کردن هر نمونه از گندم بوجاری، شسته و خشک شده و پس از آرد شدن هر نمونه گندم، آسیاب به خوبی شسته و خشک شد. از آرد حاصله نیز نه نمونه ۱۰۰ گرمی تهیه شد و با حفظ شرایط لازم به آزمایشگاه ارسال گردید؛ مابقی آرد جهت پخت نان به نانوایی برده شد. از هر نمونه آرد تعداد یک قرص نان تهیه شد و نه نمونه نان با حفظ شرایط لازم به آزمایشگاه ارسال گردید. نحوه آماده سازی نمونه قبل از تزریق به دستگاه HPLC در دو مرحله صورت گرفت. در مرحله اول که استخراج نام دارد برای تشخیص میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه ها، پنج تا ۲۵ گرم از نمونه مورد نیاز است. حلال آلی به نسبت چهار میلی‌لیتر در هر گرم از نمونه اضافه می‌شود. حلال‌های مورد استفاده شامل متانول، آب مقطر و کلرید سدیم با نسبت‌های مشخص بود. پس از افزودن حلال به نمونه، مخلوط حاصل بـه تکان فیزیکی به مدت سه تا ۳۰ دقیقه نیاز دارد تا به‌طور کامل مخلوط شود. در مرحله دوم که خالص سازی گفته می شود محلول حاصل از مرحله قبل را از درون استوانه عبور داده تا آفلاتوکسین B_1 جذب مواد درون استوانه گردد و به عبارتی درون

www.SID.ir

Archive of SID

استوانه گیر بیفتد. عصاره خالص بالای شیشه جمع آوری و محلول حاصل به دستگاه HPLC تزریق شده و میزان آفلاتوکسین آن تعیین می گردد. حد تشخیص (Limit of Detection: LOD) ۰/۰۳۴ ppb و حد تعیین مقدار (Limit of Quantification: LOQ) ۰/۱۱۲ ppb و درصد بازیابی (Recovery) ۸۲/۶ تا ۸۹/۸ درصد به دست آمد.

قبل از انجام هر آزمون آماری، نرمال بودن توزیع فراوانی داده‌ها با آزمون نرمالیتی بررسی شد؛ نتایج نشان داد که داده‌ها نرمال هستند. سپس داده‌های بدست آمده با آزمون‌های تی تک نمونه ای، تی غیر جفتی، تی جفتی و همبستگی پیرسون توسط نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج

بررسی نتایج مقایسه میانگین میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های گندم تازه، گندم انبار و گندم خط تولید و در آرد گندم تازه، آرد گندم انبار و آرد گندم خط تولید و نیز در نان گندم تازه، نان گندم انبار و نان گندم خط تولید با حد استاندارد ملی ایران (۵ ppb) (سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۸۱) که با آزمون تی تک نمونه ای انجام گرفت، نشان داد میزان میانگین آفلاتوکسین B_1 در سه نوع نمونه گندم کمتر از حد استاندارد می‌باشد و در سه نمونه آرد و سه نمونه نان به طور معنی داری کمتر از حد استاندارد است ($p\leq$۰/۰۵ در سه نمونه آرد و $p\leq$۰/۰۱ در سه نمونه نان) (جدول ۱). همچنین مقایسه میانگین میزان آفلاتوکسین B_1 در کل نمونه‌های گندم، کل نمونه‌های آرد و کل نمونه‌های نان با حد استاندارد ملی نشان داد میانگین این توکسین به طور معنی‌داری از حد استاندارد کمتر است ($p\leq$۰/۰۱ در هر سه مورد) (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه مقدار میانگین ± انحراف معیار آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های گندم، آرد و نان با استاندارد ملی

نوع نمونه	تعداد نمونه‌ها	Mean ± S.D* (ng/g)**	استاندارد (ng/g)	Sig
گندم تازه	۳	۲/۹۷ ± ۱/۶۸		۰/۱۷***
گندم انبار	۳	۱/۹۶ ± ۱/۴۱		۰/۰۶***
گندم خط تولید	۳	۳/۶۳ ± ۲/۲		۰/۳۹***
کل گندم‌ها	۹	۲/۸۵ ± ۱/۷۲		۰/۰۰۶
آرد گندم تازه	۳	۱/۸۷ ± ۱/۰۸		۰/۰۳
آرد گندم انبار	۳	۰/۹۳ ± ۱/۰۸		۰/۰۲
آرد گندم خط تولید	۳	۲/۰۲ ± ۱/۰۱	۵	۰/۰۳
کل آردها	۹	۱/۶۱ ± ۱/۰۵		۰/۰۰
نان گندم تازه	۳	۰/۲۶ ± ۰/۲۱		۰/۰۰۱
نان گندم انبار	۳	۰/۲۷ ± ۰/۰۴		۰/۰۰
نان گندم خط تولید	۳	۰/۳۵ ± ۰/۲۹		۰/۰۰۱
کل نان‌ها	۹	۰/۲۹ ± ۰/۱۸		۰/۰۰

*میانگین ± انحراف معیار **نانوگرم/گرم ***عدم تفاوت معنی‌دار

نتایج بررسی مقدار میانگین آفلاتوکسین B_1 در سه نوع گندم، سه نوع آرد و سه نوع نان به صورت دو به دو با آزمون تی غیر جفتی نشان داد میانگین آفلاتوکسین B_1 در گندم تازه با گندم انبار، گندم تازه با گندم خط تولید، گندم انبار با گندم خط تولید تفاوت ندارند. همچنین میانگین آفلاتوکسین B_1 در آرد گندم تازه با آرد گندم

www.SID.ir

انبار، آرد گندم تازه با آرد گندم خط تولید، آرد گندم انبار با آرد گندم خط تولید تفاوت ندارند. نیز میانگین آفلاتوکسین B_1 در نان گندم تازه با نان گندم انبار، نان گندم تازه با نان گندم خط تولید و نان گندم انبار با نان گندم خط تولید تفاوت ندارند ($p>۰/۰۵$ در همه موارد) (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه مقدار میانگین ± انحراف معیار آفلاتوکسین B_1 در گندم، آرد و نان با آزمون تی غیر جفتی

نوع نمونه	Mean ± S.D* (ng/g)**	Sig
گندم تازه	۲/۹۷ ± ۱/۶۸	
گندم انبار	۱/۹۶ ± ۱/۴۱	۰/۴۷***
گندم تازه	۲/۹۷ ± ۱/۶۸	
گندم خط تولید	۳/۶۳ ± ۲/۲۲	۰/۷۰***
گندم انبار	۱/۹۶ ± ۱/۶۸	
گندم خط تولید	۳/۶۳ ± ۲/۲۲	۰/۳۳***
آرد گندم تازه	۱/۸۷ ± ۱/۰۸	
آرد گندم انبار	۰/۹۳ ± ۱/۰۸	۰/۳۴***
آرد گندم تازه	۱/۸۷ ± ۱/۰۸	
آرد گندم خط تولید	۲/۰۲ ± ۱/۰۱	۰/۸۶***
آرد گندم انبار	۰/۹۳ ± ۱/۰۸	
آرد گندم خط تولید	۲/۰۲ ± ۱/۰۱	۰/۲۷***
نان گندم تازه	۰/۲۶ ± ۰/۲۱	
نان گندم انبار	۰/۲۷ ± ۰/۰۴	۰/۴۹***
نان گندم تازه	۰/۲۶ ± ۰/۲۸	
نان گندم خط تولید	۰/۳۵ ± ۰/۲۹	۰/۷۱***
نان گندم انبار	۰/۲۷ ± ۰/۰۴	
نان گندم خط تولید	۰/۳۵ ± ۰/۲۹	۰/۶۹***

*میانگین ± انحراف معیار **نانوگرم/گرم ***عدم تفاوت معنی‌دار

از طرف دیگر، بررسی مقدار میانگین آفلاتوکسین B_1 در کل نمونه‌های گندم، کل نمونه‌های آرد و کل نمونه‌های نان به صورت دو به دو با آزمون تی غیر جفتی نشان‌دهنده این موضوع بود که مقدار میانگین آفلاتوکسین B_1 نمونه‌های گندم با نمونه‌های آرد تفاوت معنی‌داری ندارند ($p>۰/۰۵$) اما نمونه‌های گندم با نمونه‌های نان و نمونه‌های آرد با نمونه‌های نان تفاوت معنی‌داری در میانگین آفلاتوکسین B_1 دارند ($p\leq۰/۰۱$ در هر دو مورد) و میزان آفلاتوکسین B_1 در گندم به طور معنی‌داری از نان و در آرد به طور معنی‌داری از نان بیشتر است (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه مقدار میانگین ± انحراف معیار آفلاتوکسین B_1 در گندم، آرد و نان با آزمون تی غیر جفتی

نوع نمونه	Mean ± S.D* (ng/g)**	Sig
گندم	۲/۸۵ ± ۱/۷۲	
آرد	۱/۶۱ ± ۱/۰۵	۰/۰۸***
گندم	۲/۸۵ ± ۱/۷۲	
نان	۰/۲۹ ± ۰/۱۸	۰/۰۰۲
آرد	۱/۶۱ ± ۱/۰۵	
نان	۰/۲۹ ± ۰/۱۸	۰/۰۰۶

*میانگین ± انحراف معیار **نانوگرم/گرم ***عدم تفاوت معنی‌دار

بررسی مقدار تغییرات میانگین آفلاتوکسین B_1 در جفت نمونه‌های گندم و آرد، گندم و نان و آرد و نان با آزمون تی جفتی نشان داد که تفاوت در میانگین آفلاتوکسین B_1 در جفت نمونه‌های گندم و آرد، جفت نمونه‌های گندم و نان و جفت نمونه‌های آرد و نان وجود دارد ($p\leq$۰/۰۱ در هر سه مورد)؛ بدین معنی که میزان آفلاتوکسین B_1 از گندم تا تبدیل آن به آرد و سپس تولید نان کاهش یافته است (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه مقدار میانگین ± انحراف معیار آفلاتوکسین B_1 در گندم، آرد و نان با آزمون تی جفتی

نوع نمونه	Mean ± S.D* (ng/g)**	Sig
گندم	۲/۸۵ ± ۱/۷۲	
آرد	۱/۶۱ ± ۱/۰۵	۰/۰۰۱
گندم	۲/۸۵ ± ۱/۷۵	
نان	۰/۲۹ ± ۰/۱۸	۰/۰۰۱
آرد	۱/۶۱ ± ۱/۰۵	
نان	۰/۲۹ ± ۰/۱۸	۰/۰۰۲

*میانگین ± انحراف معیار **نانوگرم/گرم

بررسی نتایج همبستگی در نمونه‌های گندم، آرد و نان نشان داد که بین میزان آفلاتوکسین B_1 در گندم و آرد، گندم و نان، آرد و نان روابط خطی قوی و معنی‌دار وجود دارد و افزایش میزان آفلاتوکسین B_1 در گندم موجب افزایش میزان آن در آرد و افزایش میزان آفلاتوکسین B_1 در آرد موجب افزایش میزان آن در نان و افزایش میزان آفلاتوکسین B_1 در گندم موجب افزایش آن در نان می‌گردد و بالعکس (جدول ۵).

جدول ۵- ماتریس همبستگی پیرسون مقدار آفلاتوکسین B_1 نمونه‌های گندم، آرد و نان

	گندم	آرد	نان
گندم	۱		
آرد	۰/۹۵۳**	۱	
نان	۰/۸۰۸**	۰/۶۲۹*	۱

**همبستگی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. *همبستگی در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است.

www.SID.ir

بحث

در مورد سم آفلاتوکسین و بیماری‌های حاصله از آن در سراسر جهان تحقیقات زیادی صورت گرفته است که نشان دادند عوامل محیطی مختلفی بر روی تولید آفلاتوکسین دخالت دارند و شدت آلودگی محصولات بستگی به موقعیت جغرافیایی، شیوه کشاورزی، حساسیت محصولات کشاورزی قبل از درو، پروسه تهیه مواد غذایی و از همه مهم‌تر وضعیت انبار و نگهداری محصولات دارد. نتایج این مطالعه نشان داد اگر چه در تمام نمونه‌های گندم، آرد و نان آفلاتوکسین B_1 وجود داشت اما فقط در یک نمونه (یک نمونه از گندم خط تولید) از نه نمونه گندم (۱۱/۱۱ درصد از کل نمونه‌ها)، میزان آفلاتوکسین B_1 بیش از حد استاندارد ملی (۵ppb) بود و در تمام نه نمونه آرد و نه نمونه نان میزان آفلاتوکسین B_1 از حد استاندارد ملی کمتر بوده است.

نتایج این پژوهش نشان داد میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه‌های برداشت‌شده از گندم و آرد از کارخانه آرد شهرستان کیار و نان تولیدی از آن‌ها کمتر از حد استاندارد ملی است بنابراین گندم و آرد و نان‌های تولیدی به آفلاتوکسین B_1 آلوده نیستند. نتایج مطالعه نامجو و همکاران (۱۳۸۸) که نشان دادند میزان میانگین آفلاتوکسین تقریباً در کل نمونه های گندم کمتر از حد استاندارد بود و یافته‌های مطالعه شکری جوکاری و همکاران (۱۳۹۴) که نشان دادند میزان میانگین آفلاتوکسین در کل نمونه های آرد و نان کمتر از حد استاندارد بود و نتایج مطالعه فرهمندفر و همکاران (۱۳۹۷) که اعلام کردند غلظت آفلاتوکسین B_1 در همه نمونه های برنج در حد مجاز استاندارد بود و یافته های مطالعه رنجبر و همکاران (۱۳۹۸) که اعلام کردند میزان آفلاتوکسین B_1 در نمونه های گندم درحد استاندارد بود، با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارند (نامجو و همکاران، ۱۳۸۸؛ شکری جوکاری و همکاران، ۱۳۹۴؛ فرهمندفر و همکاران، ۱۳۹۷؛ رنجبر و همکاران، ۱۳۹۸).

همچنین نتایج نشان داد میزان آفلاتوکسین B_1 در سه نوع نمونه گندم تازه، گندم خط تولید و گندم انبار باهم تفاوت ندارند؛ میزان آفلاتوکسین B_1 در سه نوع نمونه آرد تازه، آرد خط تولید و آرد انبار باهم تفاوت ندارند؛ و میزان آفلاتوکسین B_1 در سه نوع نمونه نان گندم تازه، نان گندم خط تولید و نان گندم انبار باهم تفاوت ندارند؛ که نشان می‌دهد تفاوت در مدت‌زمان ماندن گندم‌ها در سه واحد کارخانه در میزان آفلاتوکسین B_1 آنها، یا در میزان آفلاتوکسین B_1 در انواع آردها و یا در میزان آفلاتوکسین B_1 در انواع نان‌های تولیدی از آن‌ها، موثر نیست بنابراین نحوه نگهداری آن‌ها مطلوب بوده و شرایط رشد قارچ‌ها را محدود می‌نماید و تاییدکننده نتیجه کمتر از حد استاندارد بودن میزان آفلاتوکسین B_1 نمونه‌های گندم، آرد و نان است. از طرفی نتایج نشان داد میزان آفلاتوکسین B_1 نمونه‌های گندم از نمونه‌های نان و نمونه‌های آرد از نمونه‌های نان بیشتر است؛ بنابراین کاهش این سم طی فرآیندهای تولید خمیر و حرارت و پخت به طور موثری رخ می‌دهد که نتایج مطالعات شاکریان و همکاران (۱۳۹۸)، Hwang و Lee (۲۰۰۶) و Uma Reddy و همکاران (۲۰۱۰) موید نتایج مطالعه حاضر است (شاکریان و همکاران، ۱۳۹۸؛ Hwang and Lee, 2006; Uma Reddy et al., 2010) اما چون میزان این سم در نمونه‌های گندم با نمونه‌های آرد متفاوت نیست پس آسیاب کردن به‌تنهایی در کاهش این سم مؤثر نیست. از طرف دیگر، یافته های برخی مطالعات نشان از آلودگی درصدهایی از مواد خوراکی به آفلاتوکسین دارد نظیر یافته های مطالعه خوری و همکاران (۱۳۹۷) که اعلام کردند ۵۸/۶۴ درصد نمونه های پنیر سفید ایرانی آلودگی بیش از حد مجاز آفلاتوکسین M_1 داشتند، مطالعه Chehri و Hasani (۲۰۱۷) که اعلام کردند آلودگی سنبله گونه های متعلق به خانواده غلات وحشی خوراک دامها به آفلاتوکسین در ۲۴ نمونه مثبت بوده و نتایج مطالعه Bakherad و

www.SID.ir

Archive of SID

Feizy (۲۰۱۸) که نشان دادند غلظت آفلاتوکسین B_1 در ۷ مورد بادام زمینی بوداده شده از ۳۲ نمونه از حد مجاز بیشتر بود (خوری و همکاران، ۱۳۹۷؛ Bakherad and Feizy, 2018; Chehri and Hasani, 2017). بنابراین همانگونه که اکثر مطالعات اعلام کرده اند روشهای معمول حرارتی مانند پختن، بو دادن و پاستوریزاسیون غلظت آفلاتوکسین را کاهش می دهد و برخی محققین این کاهش را تا ۷۵ درصد غلظت اولیه تخمین زده اند (Deveci, 2007; Yapar et al., 2008).

درنهایت نتایج نشان داد با توجه به همبستگی و رابطه خطی قوی بین میزان آفلاتوکسین B_1 در گندم و آرد و نان، کاهش یا افزایش این سم در گندم موجب کاهش یا افزایش آن در آرد و نان خواهد شد پس هر چه فرآیندهای مراقبتی منجر به کاهش این سم در گندم‌ها به‌طور مؤثرتری انجام شود منجر به کاهش بیشتر آن در آردها و نان‌ها خواهد شد؛ بنابراین همانگونه که نتایج مطالعه موسویان و همکاران (۱۳۹۶)، محمدی و همکاران (۱۳۹۶) و جرفی و همکاران (۱۳۹۶) نشان دادند کاهش رطوبت بذرها و دماهای پایین و خنک در انبارها می تواند در جلوگیری از رشد قارچ های مولد آفلاتوکسین B_1 نقش موثری داشته باشد و نگهداری آن ها در شرایط دما و رطوبت بالا، خطر تولید آفلاتوکسین B_1 در آن ها را افزایش می دهد و بالطبع محصولات تولیدی از آن ها نیز مقادیر بالاتری از آفلاتوکسین B_1 را خواهند داشت (موسویان و همکاران، ۱۳۹۶؛ جرفی و همکاران، ۱۳۹۶؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین همانطور که در نتایج مطالعه بامیار و همکاران (۱۳۹۱) اشاره شد استفاده مطلوبتر از مخمر و حرارت بیشتر حین پختن نان کاهش چشمگیرتر آفلاتوکسین B_1 را به همراه خواهد داشت (بامیار و همکاران، ۱۳۹۱).

پیشنهاد می‌شود پروسه‌های انتقال گندم‌ها با دقت بیشتر و با در نظر گرفتن موازین بهداشتی صورت گیرد و مخازن نگهداری گندم‌ها در سیلوها و انبارهای کارخانه از نظر تهویه بررسی و عیوب احتمالی برطرف گردند. به مدیران و کارکنان کارخانه های آرد آموزش داده شود که تولید خمیر برای تهیه انواع محصولات غذایی و نیز پختن در حرارت مطلوب، در نابودی این سم مؤثرند تا از این موارد در تهیه محصولات استفاده کنند. همچنین به کارخانه‌های تولید آرد سراسر ایران، اهمیت توجه به سم آفلاتوکسین B_1 و علائم بیماری‌های ناشی از آن آموزش داده شود تا سطح ایمنی کاری و شرایط مدیریتی ارتقا یافته و اهمیت رفع این آلودگی نهادینه شود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج مطالعه می‌توان به این جمع بندی رسید که تمام نمونه‌های گندم، آرد و نان آلودگی به آفلاتوکسین B_1 داشتند اما سطح آلودگی آنها به طور بارز پایین تر از حد استاندارد بود. همچنین به دلیل تأثیر مثبت استفاده از مخمر و حرارت ناشی از پخت، روند کاهشی در میزان آفلاتوکسین B_1 از گندم به آرد و سپس بطور قابل ملاحظه در پختن نان رخ می دهد. بنابراین کاهش موثرتر تولید این سم در گندم‌ها با کنترل دما و رطوبت در سیلوهای گندم، با توجه به همبستگی خطی قوی موجود بین میزان آفلاتوکسین B_1 در گندم، آرد و نان، منجربه کاهش شدیدتر آن در آرد ها و نان ها خواهد شد.

منابع

۱- بامیار، المیرا.، محمدزاده میلانی، جعفر و سید جعفر نظری، سید سامان. (۱۳۹۱). بررسی اثرات فرآیند تهیه نان بر روی تغییرات سطوح آفلاتوکسین. پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۱۰۷ صفحه.

۲- جرفی، سهند.، پورفداکاری، سودابه.، پورحسینی، حکیمه.، زارعی، مهدی.، ابطحی، مهرنوش و سعیدی، رضا. (۱۳۹۶). ارزیابی میزان آفلاتوکسین B_1 و اکراتوکسین A در برنج های تولید شده دو استان

www.SID.ir

JFM Archive of SID

خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، پیاپی ۱۵۶، صفحه ۷۹-۶۶.

۳- جعفری، مسلم.، قاسم پور، حمیدرضا و کبرایی، سهیل. (۱۳۹۵). ردیابی آفلاتوکسین B_1 در آرد سویا با استفاده از روش HPLC. پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه، ۷۹ صفحه.

۴- خوری، مرضیه.، خوری، عصمت و محمدی ثانی، علی. (۱۳۹۷). بررسی آلودگی به آفلاتوکسین در پنیر سفید ایرانی به روش الایزا و کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، سال پانزدهم، شماره ۸، صفحه ۲۳۶-۲۲۹.

۵- دستورالعمل سازمان غذا و دارو. (۱۳۹۲). حداقل ضوابط تأسیس و بهره‌برداری سیلوهای ذخیره و نگهداری گندم. معاونت غذا، صفحه ۱۲-۱.

۶- رنجبر، راضیه.، رعایایی اردکانی، محمد.، مهرابی کوشکی، مهدی و ایرج کاظمی نژاد، ایرج. (۱۳۹۸). شناسایی گونه های آسپرژیلوس مولد توکسین در برنج های خوزستان و مایکوتوکسین های موجود در غلات وارداتی. دو ماهنامه میکروب شناسی پزشکی ایران، سال سیزدهم، شماره ۵ ، صفحه ۳۷۳-۳۵۵.

۷- زابلی، فاطمه.، غلامپور عزیزی، عیسی.، روحی، سمانه و عظیمی، مهسا. (۱۳۹۳). تعیین میزان آفلاتوکسین B در نمونه‌های آرد گندم شهرستان چالوس (استان مازندران) به روش الیزا. مجله علوم پزشکی زانکو، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دوره ۱۵، شماره ۴۴، صفحه ۶۷-۶۰.

۸- سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۸۱). خوراک انسان، دام، بیشینه رواداری مایکوتوکسین ها. استاندارد شماره ۵۹۲۵. چاپ اول، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، صفحه ۲۰-۳.

۹- سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۹۰a). آرد گندم، ویژگیها و روش‌های آزمون. استاندارد شماره ۱۰۳. چاپ پنجم، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، صفحه ۲۲-۷.

۱۰- سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۹۰b). اندازه گیری آفلاتوکسین های گروه B وG به روش کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا و خالص سازی با ستون ایمونوافینیتی. استاندارد شماره ۶۸۷۲. چاپ اول، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، صفحه ۲۱-۳.

۱۱- شاکریان، امیر.، ممتاز، حسن.، محمودی، محمدرضا و رحیمی، ابراهیم. (۱۳۹۸). بررسی فراوانی اسیدهای چرب و آفلاتوکسین در نمونه های شیرینی سنتی شهر یزد در سال ۱۳۹۷. مجله دانشگاه علوم پزشکی تربت حیدریه، سال هفتم، شماره ۱، صفحه ۴۹-۴۰.

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

۱۳- فرهمندفر، رضا.، اثنی عشری، مریم.، رشیدایی ابندانسری، سلیمه و مقصودلو، الهه. (۱۳۹۷). بررسی آلودگی مایکوتوکسین ها و فلزات سنگین در نمونه های برنج استان مازندران با HPLC و طیف سنجی جذب اتمی. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، سال پانزدهم، شماره ۱۱، صفحه ۲۴۲-۲۳۱.

۱۴- کامکار، ابوالفضل و کریم، گیتی. (۱۳۷۸). مطالعه تاثیر بی سولفیت سدیم بر روی آفلاتوکسین M_1 در شیر. فصلنامه علمی پژوهش و سازندگی، شماره ۴۴، صفحه ۱۱۵-۱۱۲.

۱۵- کوهیان، کیوان.، کاظمی، محمدحسن و اکبری، مرتضی. (۱۳۹۰). بررسی میزان آفلاتوکسین B_1 و M_1 در تعدادی از مواد غذایی موجود در انبارهای مواد غذایی یگان‌های نزاجا در تهران در سال ۱۳۹۰. فصل‌نامه پرستار و پزشک در رزم، شماره ۱۴، صفحه ۱۴-۱۲.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۶- ماهتابانی، آیدین.، بیات، منصور.، حسینی، سیدابراهیم.، امین افشار، مهدی و توکلی، حمیدرضا. (۱۳۸۹). آلودگی به آفلاتوکسین و اکراتوکسین در غلات صبحانه با روش HPLC. فصلنامه بیماری‌های عفونی و گرمسیری وابسته به انجمن متخصصین بیماری‌های عفونی و گرمسیری، سال ۱۵، شماره ۵۱، صفحه ۶-۱.

۱۷- محمدی، عباس.، نجار، سیمین و سنگی کاظم آباد، فهیمه. (۱۳۹۶). مطالعه امکان تولید آفلاتوکسین B_1 در زعفران و محصولات حاصل از آن. نشریه زراعت و فناوری زعفران، سال پنجم، شماره ۲، صفحه ۱۹۴-۱۸۵.

۱۸- مکتبی، سیاوش.، حاجی حاجیکلایی، محمدرحیم.، قربانپور، مسعود و کاظمی ورنامخواستی، محمد. (۱۳۹۳). مطالعه آفلاتوکسین B_1 در خوراک دام دامداری‌های گاو شیری سنتی اهواز. نشریه میکروبیولوژی دامپزشکی، دوره دهم، شماره اول، صفحه ۵۵-۴۵.

۱۹- موسویان، سید مسلم، درویش نیا، مصطفی و خسروی نیا، حشمت الله. (۱۳۹۶). مقایسه رشد قارچ *Aspergillus parasiticus* و *Aspergillus flavus* در شرایط مختلف دما، رطوبت و pH . نشریه پژوهش های کاربردی در گیاه پزشکی، سال ششم، شماره ۲، صفحه ۴۷-۳۷.

۲۰- مهدی زاده، مهرانگیز.، ربیعی، مریم.، معینی نمین، مهناز.، اصغری، شهناز. (۱۳۸۷). نقش گونه های آسپرژیلوس در ایجاد آفلاتوکسیکوز. مجله دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد. دوره شانزدهم، شماره چهارم، صفحه ۱۰۷-۱۰۰.

۲۱- نامجو، محدثه.، جوشقانی، حمیدرضا و نیک نژاد، فرهاد. (۱۳۸۸). تعیین میزان آفلاتوکسین در گندم سیلوهای استان گلستان در سال ۱۳۸۷. پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، ۱۱۳ صفحه.

۲۲- نجفیان، محمود. (۱۳۹۲). مقایسه میزان آفلاتوکسین در ارقام مختلف برنج‌های تولید داخل و وارداتی در فصول مختلف سال و تأثیر نحوه پخت بر مقدار سم آفلاتوکسین. مجله دنیای میکروب‌ها، سال ۶، شماره ۴، صفحه ۳۳۶-۳۲۸.

۲۳- هدایتی، محمدتقی و محمد پور، رضا علی. (۱۳۸۴). میزان آلودگی نمونه‌های گندم انبارهای استان مازندران به آسپروژیلوس فلاووس و آفلاتوکسین. فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، سال ۹، شماره ۱، صفحه ۶۱-۵۲.

۲۴- هوشمند، غلامرضا.، گودرزی، مهدی.، گودرزی، بهاره.، رشیدی نوش‌آبادی، محمدرضا.، مطهری تبار، عیسی و اسد مسجدی، نوشین. (۱۳۹۳). تعیین میزان مایکوتوکسین زیرالنون در آرد نانوایی‌های شهر خرم‌آباد به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا. فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان، دوره شانزدهم، شماره سوم، صفحه ۷۷-۷۰.

25- Bakherad Z. and Feizy J. 2018. Preliminary survey of aflatoxins in Mashhad's Roasted red skin peanut kernels. J Com Heal Res, 7(2): 112-118.

26- Bhat R.V., and Vasanthi S. 2003. Mycotoxin food safety risk in developing countries. In: Unnevehr L.J. (ed.) Food Safety in food security and food trade. 2020 vision, Focus 10. Washington DC, USA: International Food Policy Research Institute; Brief 3.

27- Chehri K. and Hasani S.M. 2017. Identification of *Aspergillus flavus* and aflatoxins contamination in inflorescences of wild grasses in Iran. J Crop Prot, 6(1): 35-44.

28- Deveci O. 2007. Changes in the concentration of aflatoxin M_1 during manufacture and storage of White Pickled cheese. Food Cont, 9: 1103-07.

29- Hwang J. H. and Lee K. G. 2006 Reduction of aflatoxin B_1 contamination in wheat by various cooking treatments. J Food Chem. 98: 71-75.

30- Kamkar A. 2004. Study aflatoxin factory white cheeses supply as in Tehran market

www.SID.ir

Archive of SID

with use of chromatography thin layer. J Food Sci and Indus. 2(1): 71-79.
31- Li K., Qiu F., Yang M., Liang Z. and Zhou H. 2013. Survey of aflatoxins contamination of foodstuffs and edible oil in Shenzhen. J Hyg Res. 42(4): 610-614.
32- Uma Reddy M., Gull, S. and Nagalakshm, A. V. D. 2010. Effect of fermentation on aflatoxin reduction in selected food products. J Food Sci, Technol and Nutr. 4(1): 93-99.
33- Yapar K., Elmali M., Kart A. and Yaman H. 2008. Aflatoxin M_1 levels in different type of cheese products produced in Turkey. Med Wet, 64(1): 53-5.

www.SID.ir

The effect study of flour producing process from wheat and bread baking in aflatoxin B_1 content in Kiar, Chaharmahal and Bakhtiari province

Safian Boldaji I[1], Nowzari H[2*]

1. Graduated of Environmental Engineering, the tendency of Environmental Pollution, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran.

2. Department of Environment, Abadeh Branch, Islamic Azad University, Abadeh, Iran.

[*]**Corresponding Author:** *hnowzari@iauabadeh.ac.ir*

Received: 17 February 2020 Accepted: 17 May 2020

Abstract

Aflatoxins are mycotoxins produced by some the fungi species such as Aspergillus and Penicillium of which Aflatoxin B_1 is one of the most potent hepatic carcinogens in animal species. Wheat, flour, and bread are some of the most consumed foodstuffs and nutritious environments for the growth of mycotoxin-producing molds. According to the position of flour production factory of Kiar city and long duration of stay of wheat in its warehouses, this study aimed to study the aflatoxin B_1 levels in the wheat and flour of this factory and the baked bread of them. In this study, 27 wheats, flour, and bread samples (9 samples of each) were collected and prepared from the Kiar flour factory and the concentration of aflatoxin B_1 of samples was determined by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). The results showed that the aflatoxin B_1 levels in wheat, flour, and baked bread were lower than the national standard limit, so those foodstuffs are not polluted by aflatoxin B_1. Also, the aflatoxin B_1 levels of wheat samples are higher than bread samples and the aflatoxin B_1 levels of flour samples are higher than bread samples, therefore that toxin decreases efficiently during yeast production and heat of baking. On the other hand, due to the strong linear correlation between aflatoxin B_1 levels in wheat, flour, and bread, an increase of the toxin in wheat causing the increase of the toxin in flour and bread; so reducing the production of aflatoxin in wheat using control of the temperature and humidity in wheat silages more effectively resulting in a further reduction of aflatoxin in flour and bread. As a result, it is recommended to monitor the wheat warehouses in terms of ventilation, flour production for preparing a variety of food products and bake the ingredients at the optimum temperature.

Keywords: Aflatoxin B_1, Wheat, Flour, Bread.

www.SID.ir