

بررسی میزان مواجهه با آفلاتوکسین B₁ از طریق گرد و خاک سطوح محیط کار کارگران در صنعت تفکیک و بازیافت زباله خشک و تر خانگی

مرورید کرمخانی^۱، حسن اصیلیان مهابادی^۲، بهرام دارایی^۳، علی نوری زاده^۴، علی صیدخانی نهال^{۴*}

۱. کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام

۲. دکتری بهداشت حرفه‌ای، استاد تمام، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. دکتری فارماکولوژی و سم شناسی، دانشیار، گروه فارماکولوژی و سم شناسی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی

شهید بهشتی

۴. دکتری بیوشیمی بالینی، استادیار، گروه بیوشیمی بالینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام

چکیده

زمینه و هدف: آفلاتوکسین B₁ (AFB₁) یک عامل ژنوتوکسیک، سایتوتوکسیک و هپاتوکارسینوژن بالقوه است. هرگونه تماس با آفلاتوکسین‌ها، یکی از بزرگ‌ترین تهدیدها برای کارگران شاغل در صنعت پردازش زباله است. از طرف دیگر، مطالعات اندکی در ارتباط با بررسی مواجهات شغلی با میکوتوکسین‌ها در صنعت مذکور صورت گرفته است. در پژوهش حاضر میزان مواجهه کارگران شاغل در بخش‌های تفکیک و بازیافت زباله خشک و زباله تر، با گرد و خاک و AFB₁ در شهر کرج مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش‌ها: تعداد ۱۸ نمونه سطحی از بخش‌های تفکیک نان خشک، ۱۸ نمونه سطحی از بخش‌های تفکیک پلاستیک و ۱۸ نمونه از مکان‌های کنترل مربوط به مراکز بازیافت زباله خشک، ۲۰ نمونه سطحی محیط کار از بخش تفکیک از مرکز بازیافت زباله تر در فصل بهار و پاییز، و تعداد ۲۰ نمونه از مکان کنترل، برداشت گردید. میزان AFB₁ در نمونه‌های سطحی پس از طی مراحل استخراج و خالص سازی، توسط HPLC اندازه‌گیری شد.

نتایج: میزان گرد و خاک و AFB₁ در گرد و خاک نمونه‌های سطحی در بخش تفکیک نان خشک و پلاستیک و تفکیک زباله تر در فصل بهار و فصل پاییز نسبت به گروه کنترل بیشتر بود.

نتیجه‌گیری: بر اساس این نتایج، کارگران در این صنعت در مواجهه با AFB₁ و خطرات ناشی از این تماس قرار دارند.

کلید واژه‌ها:

آفلاتوکسین B₁، میکوتوکسین، آئروسول، عامل خطر، مدیریت پسماند

تمامی حقوق نشر
برای دانشگاه علوم
پزشکی تربت حیدریه
محفوظ است.

مقدمه

داشته باشند (۵، ۱۲). بنابراین، هدف این مطالعه بررسی میزان مواجهه کارگران شاغل در مراکز تفکیک و بازیافت زباله خشک و تر شهر کرج با AFB₁ در گرد و خاک هوابرد موجود در سطوح مختلف محیط کار در این صنعت است.

روش‌ها

دستگاه‌ها و لوازم مورد نیاز مطالعه شامل: دستگاه HPLC (Agilent Technologies, Germany) مجهز به دکتور (آشکار ساز) از نوع فلورسانس (FLD)، ستون کروماتوگرافی مایع با فاز معکوس از نوع C18 یا اکتادسیل سیلان^۱ معکوس (ODS-H) Optimal, 125×4.6 mm, i.d. 3 μm, Capital HPLC, LTD (10×4.6 mm, i.d. 3 μm, Capital company, UK پیش ستون HPLC LTD company, UK) دستگاه منیفولد^۲، دسیکاتور شیشه‌ای حاوی دانه‌های سلیکاژل، فلومتر حباب صابون (model 302, SKC Inc., USA) پمپ نمونه‌بردار هوای فردی (Model DT11 8ST, SKC Ltd., UK)، نگهدارنده IOM و کاست سه تکه شیشه‌ای، ترازوی دیجیتال مدل R160P-F1 با دقت اندازه‌گیری 0.01 mg ساخت شرکت Sartorius آلمان، سیستم تولید برومین با روش الکتروشیمیایی (Kobra Cell)، (FARLIB ECD CELL) LIBIOS, France) دستگاه مخصوص نگهداری ویال‌ها جهت خشک کردن محلول‌های حاوی آفلاتوکسین، سیستم فیلتراسیون حلال (شامل پمپ، منیفولد و ...)، رطوبت سنج آسمن مدل SIBATA (Model SIBATA (Japan) مینی آنومتر پرتابل ISA-6-30, Japan) فریز درایر^۳، یخچال معمولی، هود شیمیایی، دستگاه ورتکس، دستگاه سونیکاتور از شرکت Elma (Elmasonic P, Germany).

مواد مورد استفاده

استاندارد Aflatoxin B₁ (Sigma, USA)، استونیتریل، متانول، آب مقطر دیونیزه، پتاسیم بروماید، نیتریک اسید، آمونیوم دی‌هیدروژن فسفات HPLC grade (Merck Germany)، ستون ایمینوافینی آفلاتوکسین (Puri-Fast AFLA IAC) B1, B2, G1, G2

پسماند غذایی به دلیل تخمیر و فساد سریع، و ایجاد بوی نامطبوع محل مناسبی برای رشد میکروب‌ها و کپک‌هاست. احتمال ابتلا به بیماری‌های شغلی وابسته به کار در کارگران شاغل در صنعت تفکیک و بازیافت زباله، ریسک بالاتری برای ابتلا به بیماری‌های شغلی وابسته به کار، به علت آلوده بودن پسماندهای غذایی بیشتر است (۱، ۳). آفلاتوکسین‌ها از جمله مهم‌ترین مایکوتوکسین‌ها هستند که عمدتاً توسط گونه‌های مختلف آسپرژیلوس بویژه آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس تولید می‌شوند. از ۱۸ آفلاتوکسین شناخته شده، اثرات هیپاتوکارسینوژنی AFB₁ به اثبات رسیده است (۴).

هر چند که تحقیقات زیادی در ارتباط با آلودگی‌های مواد غذایی انسانی و خوراک دامها با AFB₁ گزارش شده‌اند، اما فقط تعداد کمی از مطالعات به بررسی مواجهات شغلی با مایکوتوکسین‌ها و پیامدهای آن در محیط‌های شغلی پرداخته‌اند (۵، ۷). مواجهات خوراکی و استنشاقی با آفلاتوکسین B₁ به طور گسترده‌ای مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است (۶، ۸، ۹). کارگران شاغل در صنایع مختلف، طی جداسازی، بارگیری، حمل و نقل و یا آسیاب کردن مواد آلوده از قبیل غلات، زباله‌ها، خوراک دام و دیگر مواد در معرض استنشاق آفلاتوکسین، مخصوصاً در قالب ذرات هوابرد قرار دارند (۱۰).

وجود محدودیت‌ها برای جمع‌آوری و تغلیظ مایکوتوکسین‌های هوابرد، و عدم پایش مستمر محیط‌های شغلی، ضرورت وجود تحقیقات در این زمینه را آشکار می‌کند. بعلاوه، به منظور تشخیص وجود مایکوتوکسین‌ها در محیط‌های شغلی، عمدتاً از وجود یا عدم وجود خود قارچ به عنوان یک شاخص استفاده می‌گردد، چون تشخیص آن‌ها آسان‌تر است (۱۱)، اما ذکر این نکته حائز اهمیت است که مدت‌ها بعد از برداشتن قارچ‌ها از یک محیط، سموم تولیدی آنها مانند آفلاتوکسین می‌توانند در گردو خاک موجود در سطوح و یا به صورت معلق در هوا وجود

3. Freeze dryer

1. Octadecylsilane (ODS)
2. Manifold

آن ناحیه بود، بعنوان مکان کنترل جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید. سطوح مختلفی از مکان‌های مذکور مانند گوشه پنجره‌ها، بالای دیوارها، بالا و قسمت خارجی لوله‌های موجود در سوله‌ها نمونه برداری شدند.

شرایط جوی محل نمونه برداری

درجه حرارت، سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی محل‌های نمونه‌برداری به ترتیب با استفاده از Portable mini Anemometer مدل SIBATA (ISA-6-30, Japan) و Thermo-hygrometer مدل SIBATA (Japan) در ساعت‌های مختلف در روزهای نمونه‌برداری اندازه‌گیری و ثبت شد.

آماده سازی مدار نمونه برداری

مدار نمونه‌برداری شامل پمپ نمونه‌برداری فردی، شلنگ‌های رابط، نمونه‌بردار IOM، کاست سه تیکه شیشه‌ای، همراه با فیلتر فایبرگلس بدون بایندر^۱ (با اندازه منفذ $0.7 \mu\text{m}$ و قطر ۲۵ mm که قبلاً ۲۴ ساعت در دسیکاتور^۲ حاوی دانه‌های سلیکاژل خشک و وزن گردیده بود) سرهم‌بندی شد. مدار ذکر شده بوسیله استاندارد اولیه (لوله حباب صابون خریداری شده از شرکت SKC) در دبی ۲ L/min در شرایط واقعی کالیبره و برای نمونه‌برداری از سطوح محیط کار کارگران استفاده گردید.

نمونه برداری سطحی

از بخش‌های تفکیک نان و پلاستیک در سه مرکز تفکیک زباله خشک، از ۶ سطح مختلف (جمعاً ۳۶ نمونه) و در مرکز تفکیک زباله تر از ۱۰ سطح مختلف در فصل بهار و پاییز (جمعاً ۲۰ نمونه)، و در مرکز کنترل هم ۶ نمونه، هر کدام به ابعاد 100 cm^2 (۱۰ cm × ۱۰ cm) به صورت جداگانه نمونه‌برداری انجام گرفت. در این نمونه‌برداری، گرد و خاک فرونشسته بر روی سطوح مختلف، توسط ست نمونه‌برداری بر روی فیلتر در درون پمپ مکش گردید (۱۳). بعد از اتمام نمونه‌برداری، فیلتر پس از قرار گرفتن در داخل هولدر^۴ مخصوص، به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در داخل دسیکاتور قرار گرفت و سپس مجدداً وزن

از شرکت Libios, France، گاز نیتروژن (آراد گاز ایران)، قرص Phosphate Buffer Saline (PBS) (gibco, UK)، ستون C18-SD (EmporeTM)، فیلتر نایلونی ممبران با قطر ۴۷.۰ mm و پورسایز $0.45 \mu\text{m}$ و میکروفیلتر فایبرگلس با پورسایز $0.7 \mu\text{m}$ و قطر ۲۵ mm (Grade MGF, Muncktell, Germany)، ویال شیشه‌ای قهوه‌ای رنگ درپوش‌دار مخصوص HPLC.

شرایط مراکز نمونه برداری

در این مطالعه که به صورت مقطعی و در سال ۱۳۹۵ انجام گرفت، سه مرکز بازیافت زباله خشک شهری (A، B و C) در شهر کرج و یک مرکز بازیافت زباله شهری تر در خارج از این شهر، برای این مطالعه انتخاب گردیدند. هر مرکز بازیافت زباله خشک شامل بخش‌های تفکیک بطری‌های پت، شیشه، کارتن و مقوا، فلزات، نان و پلاستیک بود. در مراکز بازیافت زباله خشک، ۶۰ کارگر مرد در سوله‌های بزرگ (به ابعاد $50 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 5 \text{ m}$) مشغول پردازش زباله بودند. غیر از مرحله جمع آوری؛ تفکیک، بسته بندی و بارگیری برای فروش درون سوله‌ها انجام می‌گرفت. برای انجام این مطالعه، گرد و خاک فرونشسته بر روی سطوح مختلف محیط کار کارگران در بخش‌های تفکیک زباله نان و پلاستیک نمونه‌برداری گردید. سه ساختمان اداری دور از مراکز پردازش زباله که متعلق به پرسنل مدیریتی آن سه مرکز بودند، بعنوان مکان کنترل، در نظر گرفته شدند.

مرکز پردازش زباله تر در ناحیه حلقه‌دره در نزدیکی شهر کرج، در ارتفاع ۱/۳ کیلومتری از سطح دریا واقع شده است. رطوبت نسبی این ناحیه در فروردین ۸۵ درصد و در آبان ۴۸ درصد و دارای آب و هوای نیمه خشک و سرد است. میزان زباله خانگی وارد شده به این مرکز، ۱۷۰۰ - ۱۵۰۰ تن در روز بود. در این مرکز پردازش زباله تر خانگی، ۸ خط تفکیک زباله فعالیت داشت که هرکدام در یک سوله نیمه باز به مساحت تقریبی ۱۰۰۰ متر مربع (به ابعاد $50 \text{ m} \times 20 \text{ m} \times 10 \text{ m}$) قرار داشتند. در هر خط تفکیک، هنگام عبور زباله تر از روی نقاله متحرک کارگران آن را تفکیک می‌کردند. سوله‌ای خارج از این مرکز، که متعلق به پرسنل اداری

3. Desiccator
4. Filter Holder

1. Glass Fiber Filter without Binder
2. Pore size

نرم‌افزار Graph Pad Prism رسم و معادله خط و ضریب همبستگی آن محاسبه گردید.

تعیین مقدار آفلاتوکسین B₁ موجود در نمونه‌ها

مراحل استخراج آفلاتوکسین از فیلترها طبق دستور کار Brera و همکارانش (۱۴) با اندکی تغییر به شرح زیر انجام گرفت:

ابتدا ۵ ml محلول آب - متانول (۲۰-۸۰ v/v) به فیلتر آلوده (حاوی گرد و غبار جمع‌آوری شده حاوی آفلاتوکسین) در یک بشر اضافه و به مدت ۱۵ min به آرامی هم زده شد. سپس ۱ ml PBS ۲۵ با غلظت ۱۰۰ mM به آن اضافه و هم‌وزن شد و با استفاده از فیلتر نایلونی با پور سایز ۰/۴۵ μm صاف گردید. عبور دادن از ستون ایمونوفینیستی مخصوص آفلاتوکسین و شستشوی ستون با ۱۰ ml PBS، خارج کردن آنالیت از ستون با استفاده از ۱/۵ ml متانول خالص، خشک کردن تحت جریان ملایم نیتروژن و حل کردن در ۲۵۰ μl آب-متانول (۵۰:۵۰ v/v) مراحل بعدی کار بودند. پس از برداشت ۲۰ μl از نمونه آماده شده توسط نمونه‌بردار خودکار^۱، با توجه به سطح زیر منحنی و نمودار غلظت-سطح زیر پیک استاندارد، غلظت AFB₁ در نمونه‌ها بر حسب ng/100 cm² گزارش گردید. پس از ارزیابی نرمال بودن توزیع داده‌ها از طریق آزمون Shapiro-Wilk، نتایج با استفاده از آزمون‌های آماری ANOVA، من ویتنی، تی مستقل و پی‌رسون در نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۰ بررسی گردیدند. P-value < 0.05 از لحاظ آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

نتایج

شرایط هوا در مراکز مورد مطالعه

میانگین دما، رطوبت نسبی و سرعت وزش باد در مراکز تفکیک زباله خشک و زباله تر در مقایسه با مکان‌های کنترل مربوط به آن‌ها، بر اساس تعداد ۵ نمونه در ساعات مختلف روز، در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. تفاوت بین نتایج پارامترهای ذکر شده با گروه کنترل در مراکز تفکیک زباله خشک

گردید تا وزن گرد و خاک موجود در ۱۰۰ cm² از سطح بدست آید.

تجهیزات دستگاه HPLC و تنظیم آن

از ستون Reverse-phase C18(ODS-H Optimal) با ابعاد 125×4.6 mm, i.d. 3 μm و پیش ستون^۱ با ابعاد 10×4.6 mm, i.d. 3 μm ساخت Capital HPLC, LTD company, UK برای اندازه‌گیری پیک‌های حاصل از غلظت‌های متفاوت آفلاتوکسین استفاده شد. دستگاه HPLC مدل Agilent Technologies™ (Agilent Technologies™ مدل HPLC 1200/1260, Japan) مجهز به Auto-sampler و دکتور فلورسانس^۲ (G1321A, FLD, Agilent Technology, Germany) بود. برای اندازه‌گیری دقیق‌تر در مقادیر بسیار کم آفلاتوکسین از سیستم الکتروشیمیایی تولید کننده برم^۳ (FARLIB ECD CELL, LIBIOS, France) پس از ستون استفاده گردید. بهترین نتیجه برای فاز متحرک بر اساس دستورالعمل Brera و همکاران (۱۴)، در محلولی با نسبت زیر در نظر گرفته شد: آب (۵۰ درصد)، متانول (۳۰ درصد)، استونیتریل (۲۰ درصد)، اسید نیتریک ۴ مولار (۳۵۰ μl)، ۱۱۹ mg KBr در حجم نهایی یک لیتر. فاز متحرک با استفاده از صافی نایلونی با پورسایز ۰/۴۵ μm و قطر ۴۷ mm فیلتر گردید. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سونیکاتور جهت حذف حباب‌های موجود در آن قرار گرفت. سرعت جریان^۴ فاز متحرک به روش Isocratic برابر ۱ ml/min بود. طول موج ۳۶۲ nm برای تحریک^۵ و ۴۳۵ nm برای نشر^۶ و حجم تزریق ۲۰ μl با نمونه‌بردار خودکار انتخاب گردید. زمان بازدارندگی^۷ برابر ۶ دقیقه (RT= 6 min) بدست آمد.

منحنی کالیبراسیون^۸ آفلاتوکسین B₁

به منظور رسم منحنی کالیبراسیون، غلظت‌های ۸، ۴ و ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵ به صورت تازه تهیه و هر بار ۲۰ μl از هر کدام به دستگاه HPLC تزریق گردید. بر اساس رابطه غلظت - سطح زیر پیک استانداردها، منحنی کالیبراسیون توسط

6. Emission
7. Retention Time
8. Standard Curve
9. Auto Sampler

1. Guard Cartridge
2. Fluorescence Detector
3. Electrochemically generated bromine cell
4. Flow rate
5. Excitation

میزان گرد و خاک و AFB₁ موجود در سطوح مختلف در مراکز

تفکیک زباله خشک

در تمام مراکز، میانگین و انحراف معیار گرد و خاک سطحی در بخش تفکیک نان برابر $10^{-2} \text{ mg}/100 \text{ cm}^2 \times (10/7 \pm 2/9)$ و در بخش تفکیک پلاستیک برابر $10^{-2} \text{ mg}/100 \text{ cm}^2 \times (4/97 \pm 1/1)$ بود (شکل ۱، a و b) و این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار بود ($P < 0/05$).

بر اساس منحنی استاندارد AFB₁ در مقابل سطح زیر منحنی در دستگاه HPLC (شکل ۲)، میزان این سم در نمونه‌های گرد و خاک جمع‌آوری شده از سطوح مختلف در بخش‌های تفکیک نان و پلاستیک در مراکز تفکیک زباله خشک اندازه‌گیری شد (شکل ۱، c و d). در تمامی مراکز، میانگین و انحراف معیار مقدار AFB₁ در تمامی نمونه‌های جمع‌آوری شده در بخش تفکیک نان و پلاستیک نسبت به گروه کنترل بیشتر بود ($P < 0/05$).

هم چنین میانگین و انحراف معیار میزان AFB₁ در تمامی نمونه‌های جمع‌آوری شده در بخش تفکیک نان در تمام مراکز تفکیک زباله خشک نسبت به بخش تفکیک پلاستیک افزایش نشان داد ($P < 0/05$).

بعلاوه بین میانگین گرد و خاک جمع‌آوری شده از سطوح مختلف در بخش‌های تفکیک نان و پلاستیک در مراکز مختلف تفکیک زباله خشک و میزان AFB₁ موجود در آن نمونه‌ها یک همبستگی مثبت و قوی ملاحظه گردید (ضریب همبستگی پیرسون = $0/9792$ ، شکل ۳).

و تر، در فصل بهار و پاییز، از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($P < 0/05$). میانگین و انحراف معیار دما، رطوبت نسبی و سرعت وزش باد در سه مکان تفکیک زباله خشک و مکان کنترل در جدول شماره ۱، و در مرکز تفکیک زباله تر در فصل پاییز و بهار در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است. تفاوت بین شاخص‌های بررسی شده در مراکز تفکیک زباله خشک در مقایسه با مکان کنترل از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. دمای هوا و سرعت وزش باد در مرکز تفکیک زباله تر در فصل پاییز نسبت به فصل بهار افزایش نشان داد، هرچند این مقادیر در هر دو فصل نسبت به مرکز کنترل بیشتر بود. هم چنین نتایج نشان داد که رطوبت نسبی در فصل بهار زیادتر از فصل پاییز بود. تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های بررسی شده در مرکز تفکیک زباله تر و مکان کنترل وجود نداشت.

در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار دما، رطوبت نسبی و سرعت وزش باد در سه مکان تفکیک زباله خشک و مکان کنترل ارائه شده است. تفاوت بین شاخص‌های بررسی شده در مراکز تفکیک زباله خشک در مقایسه با مکان کنترل از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

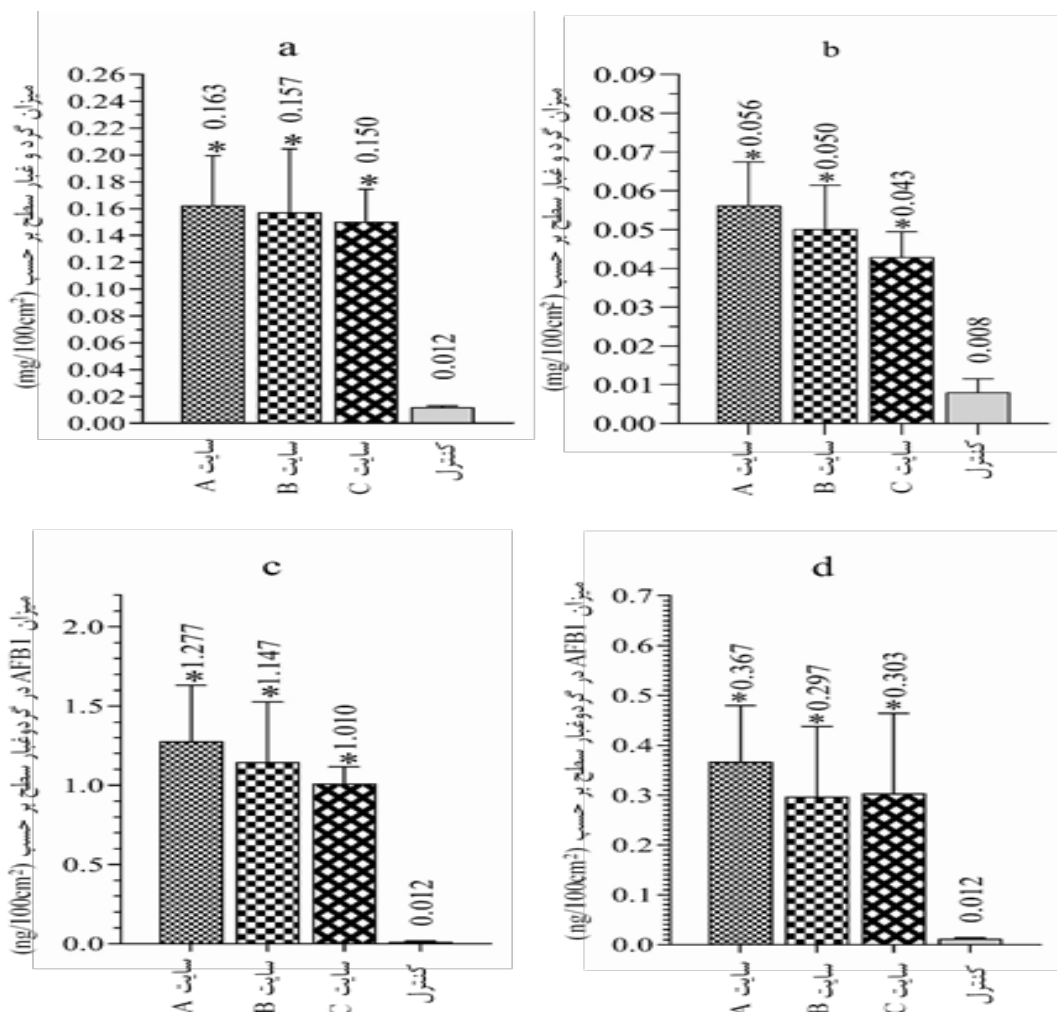
در جدول ۲ میانگین و انحراف معیار دما، رطوبت نسبی و سرعت وزش باد در مرکز تفکیک زباله تر و کنترل ارائه شده است. دمای هوا و سرعت وزش باد در مرکز تفکیک زباله تر در فصل پاییز نسبت به فصل بهار زیادتر است، هرچند این مقادیر در هر دو فصل نسبت به مرکز کنترل بیشتر است. اما رطوبت نسبی در فصل بهار نسبت به فصل پاییز افزایش نشان می‌دهد. تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های بررسی شده در مرکز تفکیک زباله تر و مکان کنترل وجود نداشت.

جدول ۱، میانگین و انحراف معیار مشخصات هوا در مکان‌های تفکیک زباله خشک

| مکان | تعداد نمونه | درجه حرارت (°C) | رطوبت نسبی (%) | سرعت وزش باد (m/s) |
|-------|-------------|-----------------|----------------|--------------------|
| A | ۵ | 22 ± 5 | 42 ± 4 | $1/2 \pm 0/4$ |
| B | ۵ | 20 ± 5 | 50 ± 8 | $0/8 \pm 0/2$ |
| C | ۵ | 20 ± 5 | 46 ± 6 | $0/8 \pm 0/2$ |
| کنترل | ۵ | 20 ± 4 | 48 ± 5 | $0/9 \pm 0/2$ |

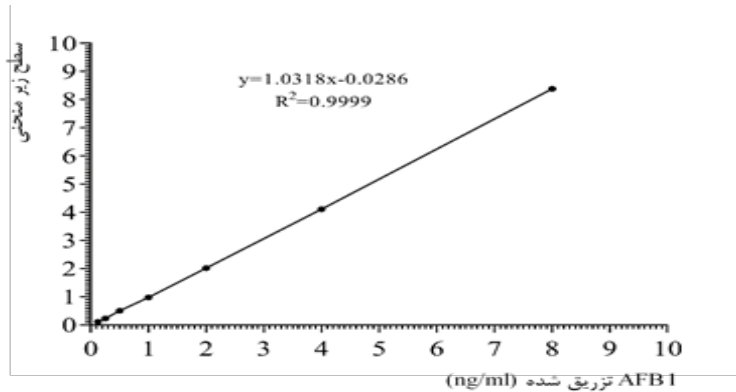
جدول ۲، میانگین و انحراف معیار مشخصات هوا در مرکز تفکیک زباله تر

| مکان | فصل | تعداد نمونه | درجه حرارت (°C) | رطوبت نسبی (%) | سرعت وزش باد (m/s) |
|--------------|-------|-------------|-----------------|----------------|--------------------|
| پردازش زباله | بهار | ۵ | ۲۳ ± ۴ | ۵۰ ± ۵ | ۱/۲ ± ۰/۴ |
| | پاییز | ۵ | ۲۵ ± ۵ | ۴۶ ± ۵ | ۱/۴ ± ۰/۵ |
| کنترل | بهار | ۵ | ۲۲ ± ۳ | ۴۶ ± ۵ | ۱/۱ ± ۰/۳ |
| | پاییز | ۵ | ۲۴ ± ۴ | ۴۴ ± ۵ | ۱/۳ ± ۰/۴ |



میانگین و انحراف معیار گرد و غبار و AFB₁ در بخش‌های تفکیک نان و پلاستیک در مراکز تفکیک زباله خشک A، B و C و مکان کنترل در هر مرکز، تعداد ۶ نمونه از هر بخش (جمعاً ۴۰ نمونه به همراه مرکز کنترل)، از سطوح مختلف محل کار کارگران نمونه‌برداری گردید. سطح نمونه‌برداری در هر مرتبه معادل ۱۰۰ cm² بود. تفاوت آماری داده‌ها را نسبت به گروه کنترل نشان می‌دهد (*:P<۰/۰۵)

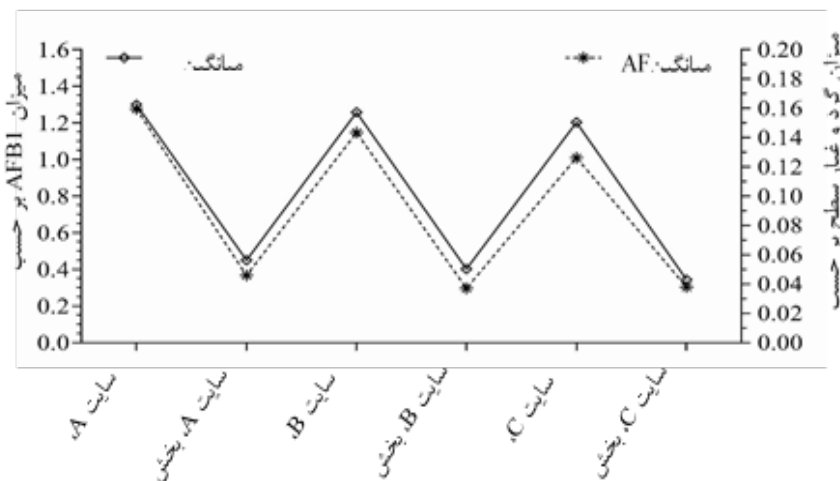
میانگین و انحراف معیار گرد و خاک موجود در سطح، بر حسب mg/100 cm² و AFB₁ یافت شده در آن نمونه‌های گرد و خاک، بر حسب ng/100 cm²، در این شکل نشان داده شده است. حروف a و b به ترتیب بیان کننده نمودار میزان گرد و خاک و حروف c و d بیان کننده میزان AFB₁ در بخش‌های تفکیک نان و پلاستیک در مراکز تفکیک زباله خشک می‌باشند.



شکل ۲، منحنی استاندارد AFB₁ در مقابل سطح زیر منحنی در دستگاه HPLC

۰/۹۸، ۰/۰۲، ۴/۱۱ و ۸/۳۹ توسط دستگاه HPLC برای هر کدام از تزریق‌های محلول‌های استاندارد محاسبه شد. معادله خط رگرسیون و R² به ترتیب $Y = 1.0509X - 0.0484$ و ۰/۹۹۹۹ بدست آمد.

۲۰ میکرولیتر از هرکدام از محلول‌های استاندارد ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۴ و ۸ نانوگرم در میلی لیتر از AFB₁ در محلول آب دیونیزه - متانول (۵۰/۵۰ حجمی) به دستگاه HPLC تزریق گردید، و به ترتیب سطح زیر منحنی معادل ۰/۱۱۴، ۰/۲۲، ۰/۵،



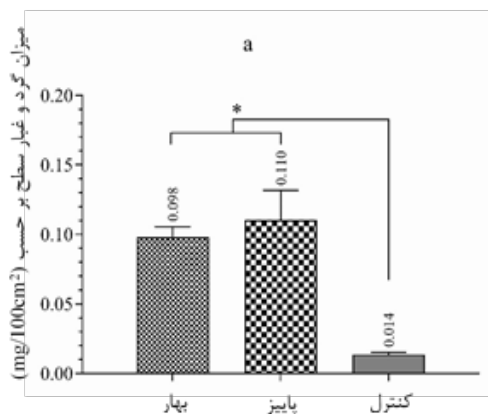
شکل ۳، همبستگی بین میزان گرد و خاک سطح و میزان AFB₁ موجود در آن در همه بخش‌ها و مراکز تفکیک زباله خشک

میزان گرد و خاک و AFB₁ موجود در سطوح مختلف محیط کارگران در مرکز تفکیک زباله تر

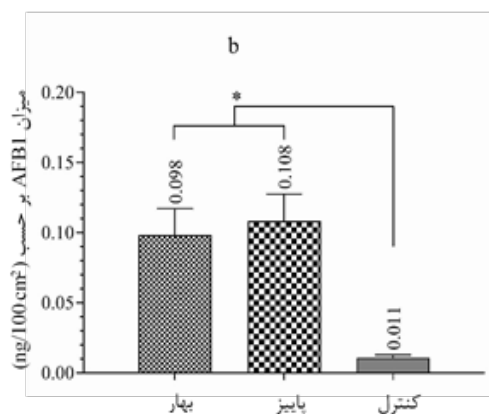
میانگین و انحراف معیار میزان گرد و خاک و AFB₁ موجود در ۱۰۰ cm² از نمونه‌های سطحی در مرکز مورد مطالعه در شکل ۴ قسمت a و b نشان داده شده است. میانگین و انحراف معیار گرد و خاک سطحی و مقدار AFB₁ موجود در آن در فصل پاییز نسبت به فصل بهار در مرکز تفکیک زباله تر بیشتر بود، اما این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($P < 0/05$). میانگین و انحراف معیار

این منحنی بیان‌کننده همبستگی بالای میانگین میزان گرد و خاک و میزان AFB₁ در سطوح نمونه برداری شده در همه مراکز تفکیک زباله خشک و بخش‌های تفکیک پلاستیک و نان می‌باشد. ضریب همبستگی پیرسون معادل ۰/۹۷۹۲ و مقدار P برابر ۰/۰۰۰۰۰۱ می‌باشد. تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده در هر بخش برابر ۶ نمونه سطحی بود. حروف A، B و C در محور افقی بیانگر مراکز A، B و C می‌باشد.

کنترل بیشتر بود و این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P < 0.05$).



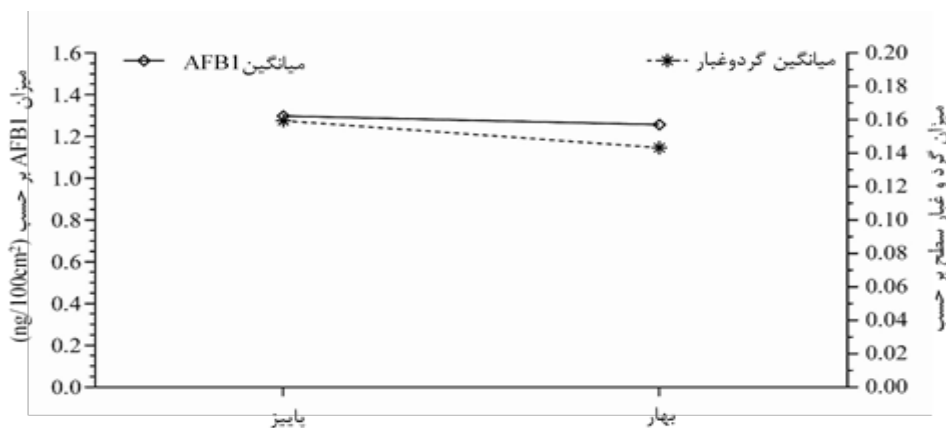
گرد و خاک سطحی و میزان AFB₁ موجود در آن هم در فصل پاییز و هم در فصل بهار در مرکز تفکیک زباله تر نسبت به مکان



شکل ۴، میزان گرد و خاک رسوبی و AFB₁ در سطوح مکان‌های تفکیک زباله تر

شده است. در هر فصل، تعداد ۱۰ نمونه از گرد و خاک رسوبی در محل کار، جمع‌آوری شده است. سطح نمونه‌برداری در هر بار، برابر ۱۰۰ cm² است. *، تفاوت آماری داده‌ها را نسبت به گروه کنترل نشان می‌دهد ($P < 0.05$).

میانگین و انحراف معیار میزان گرد و خاک رسوبی (a) و AFB₁ (b) در سطوح مختلف محل کار کارگران صنعت تفکیک زباله تر به ترتیب بر حسب mg/100 cm² و ng/100 cm² در نمونه‌های جمع‌آوری شده در فصل بهار و پاییز در این شکل نشان داده



شکل ۵، همبستگی بین میزان گرد و خاک سطحی و AFB₁ موجود در آن در فصل بهار و پاییز در مرکز جدا سازی زباله تر

صنعت تفکیک و بازیافت زباله خشک و زباله تر در استان البرز (شهر کرج) پرداخته شد. در میزان گرد و خاک سطوح و AFB₁ موجود در آن در محیط‌های کاری مورد بررسی با مکان کنترل تفاوت معنی‌داری ملاحظه گردید. اندک بودن مطالعات اپیدمیولوژیکی در ارتباط با اثرات بهداشتی شغلی در صنعت بازیافت زباله از یک طرف و افزایش میزان بازیافت زباله در بسیاری از کشورها از طرف دیگر، تحقیقات در این حوزه به صورت اورژانسی را طلب می‌کند.

این نمودار همبستگی بالای بین میزان نمونه‌های گرد و خاک جمع‌آوری شده در سطوح و میزان AFB₁ موجود در آن را در مرکز تفکیک زباله تر در فصل بهار و پاییز نشان می‌دهد. ضریب همبستگی معادل ۰/۹۸۹۷ و $p < 0.000001$ می‌باشد.

بحث

در این مطالعه به بررسی میزان گرد و خاک سطوح مختلف و میزان AFB₁ موجود در آن در محیط کار کارگران شاغل در

تفکیک پلاستیک در هر سه سایت تفکیک زباله خشک بود. چنین به نظر می‌رسد که شرایط رشد و تکثیر برای قارچ‌های تولید کننده گونه‌های مختلف آفلاتوکسین در محیط حاوی پسماند نان نسبت به پسماند پلاستیک، به دلیل ماهیت زیست پذیر بودن پسماند نان برای رشد قارچ‌ها، مناسب باشد. از مزیت‌های دیگر این گونه مطالعات آن است که از طریق نمونه‌برداری، اندازه‌گیری و ارزیابی گردوغبار سطحی از محیط کاری کارگران، میتوان به این موضوع پی برد که کارگران در گذشته در مواجهه با چه نوع آلاینده‌هایی و چه مقدار از آن آلاینده‌ها بوده‌اند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، در مرکز تفکیک و بازیافت زباله تر، میزان گردوغبار در نمونه‌های سطحی در فصل پاییز نسبت به میزان آن در فصل بهار بیشتر بود که این تفاوت از لحاظ آماری معنادار شد. به نظر می‌رسد که دلیل این تفاوت ریشه در ماهیت فصل پاییز و سرعت بیشتر وزش باد در منطقه جغرافیایی محل انجام پژوهش دارد. هم چنین میزان AFB₁ در نمونه‌های سطحی در فصل پاییز و فصل بهار، نسبت به مکان کنترل بیشتر بود و این تفاوت از لحاظ آماری معنادار بود. مهمترین عوامل محیطی که رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین را تحت تاثیر قرار می‌دهند ترکیبات کربن و منابع نیتروژن، pH، درجه حرارت، فعالیت آب، و متابولیسم قارچ است (۱۸ و ۱۹)، و چنین به نظر می‌رسد که این شرایط در مراکز پردازش زباله تر به خوبی در دسترس است. هر چند که تعداد نسبتاً کمی پژوهش راجع به وجود آفلاتوکسین‌ها در محیط کار کارگران در صنعت بازیافت زباله و هوای تنفسی و محیطی و گردوغبار فرونشسته در روی سطوح در این محیط‌های کاری وجود دارد، اما پژوهش‌های مشابهی در صنایع دیگر از جمله کشاورزی (تولید خوراک دانه و دام) یا ذخیره سازی و تأسیسات فرآوری مواد غذایی در گلخانه‌ها نیز صورت گرفته است که نتایج آنان با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (۱۴، ۲۰ و ۲۲). نمونه‌های جمع‌آوری شده گردوغبار در هوای محیط کار و انبار در کارخانجات پردازش برنج و ذرت در هند توسط Ghosh و همکاران نشان داد که غلظت آفلاتوکسین در

یکی از مراکز تفکیک زباله تر خانگی در منطقه حلقه دره در مجاورت شهر کرج می‌باشد که به صورت نیمه مکانیزه بوده و پژوهش‌های مربوط به تفکیک زباله تر در این مطالعه در آنجا صورت گرفت در صورتی که تحقیقات مربوط به تفکیک زباله خشک در مراکز تفکیک موجود در سطح شهر کرج (مراکز A، B و C) انجام شد. یکی از اهداف اولیه این پژوهش بررسی میزان مواجهه کارگران با گرد و خاک موجود در محیط کار، از طریق اندازه‌گیری آن در سطوح بود که در این پژوهش، میانگین گردوغبار موجود در سطوح، در بخش تفکیک نان خشک در مراکز تفکیک زباله خشک بالاتر از بخش تفکیک پلاستیک بود، که این تفاوت از لحاظ آماری معنی داری بود. به نظر می‌رسد که دلیل این اختلاف، مربوط به ماهیت مواد تفکیک شونده می‌باشد به همین دلیل میزان تولید گرد و خاک در مراکز تفکیک پسماند حاوی نان خشک بیشتر است. کارگران شاغل در صنعت پردازش و بازیافت زباله، در تمامی مراحل مربوط به مدیریت زباله‌های جامد از مرحله جمع‌آوری در خانه، بازیافت و یا استفاده مجدد، تا حتی در دفع نهایی، به دلیل محتویات مواد و انتشار آنها در معرض خطرات بهداشتی برای سلامتی هستند (۱۵).

برای صنعت زباله در ایران هیچ قانون مصوبی در مورد مواجهه با گردوغبار هوابرد از جمله در کارخانجات مدیریت زباله در دسترس نیست. با این حال، ACGIH^۱ و مرکز بهداشت محیط و حرفه‌ای وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران توصیه می‌کند که سطح گردوغبار موجود در هوا باید زیر ۳ mg/m³ برای ذرات قابل استنشاق و ۱۰ mg/m³ برای ذرات قابل تنفس نگه داشته شود، تا زمانی که مقدار حد آستانه^۲ (TLV) برای هر ماده خاص مشخص و تنظیم شود (۱۶ و ۱۷). علاوه بر اندازه و میزان ذرات، به نظر می‌رسد که محتوای گردوغبار فرونشسته از نظر مواد آلی (از جمله توکسین‌های زیستی) و غیرآلی نیز در محیط کار این دو بخش مختلف متفاوت باشد، همانطور که نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میانگین میزان AFB₁ در نمونه‌های سطحی در بخش تفکیک نان خشک در حدود چهار برابر بیشتر از بخش

شاغل در یک کارخانه پردازش روغن بادام زمینی و بذر کتان در هلند به پی بردن به ارتباط بین استنشاق آفلاتوکسین و سرطان ریه کمک کرد (۲۲).

ارتباط بین افزایش وقوع سرطان کبد با استنشاق گردوغبار آلی حاوی آفلاتوکسین (۱۷۰ ng/ml) مطالعه دیگری بود که در بین کارگران دانمارکی شاغل در پردازش خوراک دام‌های اهلی انجام شد (۲۷). در یک مطالعه که در کارخانه‌ای در تایلند انجام گردید، میانگین آفلاتوکسین در گردوغبار جمع‌آوری شده از نمونه‌برداری فردی و محیطی در گروه کنترل $0/99 \text{ ng/m}^3$ و در بین کارگرانی که گلوکومانان (یک نوع ماده تغذیه‌ای) به غذای حیوان اضافه می‌کردند $6/25 \text{ ng/m}^3$ بود (۲۸). تحقیق حاضر و این تحقیقات نشان می‌دهند که کارگران بخش‌های تفکیک زباله در معرض سطوحی از آفلاتوکسین قرار دارند که می‌تواند اثرات مخربی بر سلامت جسمانی آنان داشته باشد. بنابراین لازم است تدابیر پیشگیرانه از جمله استفاده از وسایل حفاظت فردی در این مراکز در نظر گرفته شود. گرچه این وسایل حفاظت فردی در مراکز مورد مطالعه ما وجود داشت، با این حال کارگران شاغل در تمام این مراکز از هیچ وسیله حفاظت فردی برای جلوگیری از تنفس این سموم، و ممانعت از آلودگی دستها و چشم‌ها استفاده نکردند و این امر باعث افزایش تماس کارگران با این میکوتوکسین در این مراکز می‌شود. بر اساس نتایج این مطالعه ارتباط قوی بین میانگین گردوغبار و میزان AFB₁ در مراکز تفکیک زباله خشک و تر وجود دارد. چنین به نظر می‌رسد که کاهش گردوغبار موجود در هوا و سطوح مختلف محیط کار به هر طریق ممکن، استنشاق و تماس با گردوغبار و به تبع آن استنشاق و تماس با آفلاتوکسین توسط کارگران را کاهش خواهد داد. اگر چه می‌توان با تدابیر ویژه مخصوصاً با کنترل دما و رطوبت از میزان وجود میکوتوکسین‌ها در محصولات ذخیره شده (با ممانعت از رشد قارچ مولد) جلوگیری کرد، اما به نظر می‌رسد که نمی‌توان مانع رشد کپک در طول جریان مدیریت زباله شد. زیرا شرایط مناسب از جمله دما، رطوبت و بستر مناسب برای رشد قارچ وجود دارد. با توجه به دورریز بودن بالای مواد

گردوغبار قابل استنشاق ($< 7 \mu\text{m}$) برابر با $800 - 20 \text{ pg/m}^3$ بود (۲۰)، یعنی در این مکان‌ها مواجهه با آفلاتوکسین B₁ کمتر از محیط‌های کاری مورد بررسی ما بود.

Brera و همکاران در سال ۲۰۰۲ نشان دادند که غلظت آفلاتوکسین‌ها در نمونه‌های گردوغبار هوای تنفسی و محیطی در کارخانجات پردازش کاکائو، قهوه و ادویه در توسکانی ایتالیا در محدوده $0/002 \text{ ng/m}^3$ (کمتر از حد تشخیص) تا $0/13 \text{ ng/m}^3$ قرار داشت (۱۴)، که این مقادیر کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده ما در بخش تفکیک نان خشک می‌باشد اما از مقادیر اندازه‌گیری شده در بخش پردازش زباله تر بیشتر بود و تقریباً با مقادیر اندازه‌گیری شده در بخش‌های تفکیک پلاستیک در این پژوهش برابر بود. در ۲۸ مزرعه در آمریکا غلظت خیلی بالای AFB₁ در هر ۶۰ نمونه گردوغبار هوا برد و سطحی جمع‌آوری شده یافت گردید. این نمونه‌ها در طول برداشت، تخلیه، تغذیه حیوانات و تمیز کردن بقایای محصولات جمع‌آوری شد. رنج غلظتی به دست آمده از $0/04$ تا 849 ng/m^3 در گردوغبار هوا برد و بالای ng/g 5100 در گردوغبار فرونشسته در ساختمان نیمه بسته تغذیه حیوانات اهلی بود (۲۳). که این مقادیر بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده ما در تمامی مراکز و بخش‌ها می‌باشد. در یک مطالعه مقدار کل آفلاتوکسین هوا برد، در گردوغبار جمع شده در مزرعه برداشت ذرت با پمپ‌های نمونه‌بردار با حجم بالا در نمونه‌های محیطی و فردی، به ترتیب $2500 - 3850$ و 52000 ng/g در گردوغبار جمع‌آوری شده بود، در این مطالعه میانگین مقدار آفلاتوکسین در نمونه‌های گردوغبار فرونشسته در بالابره‌های ذرت برابر با $173 - 699 \text{ ng}$ آفلاتوکسین در یک گرم گردوغبار بود (۲۱)، یعنی بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده در مطالعه حاضر بود. گرچه تظاهرات بالینی دقیق سمیت آفلاتوکسین B₁ به عواملی از جمله دوز و مدت زمان قرار گرفتن در معرض آن بستگی دارد، اما این سم می‌تواند نکروز حاد، سیروز و سرطان ریه و کبد ایجاد کند (۲۴، ۲۵). ارتباط بین مواجهه شغلی با آفلاتوکسین و سرطان ریه در انسان بوسیله یک گزارش موردی از چکسلواکی گزارش شد (۲۶) و بررسی بیشتر در کارگران

تضاد منافع

در این پژوهش هیچ گونه تعارض منافی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت نویسندگان:

- (۱) مفهوم پردازی و طراحی مطالعه، یا جمع آوری داده ها، یا تجزیه و تحلیل و تفسیر داده ها: همه نویسندگان
- (۲) تهیه پیش نویس مقاله یا بازبینی آن جهت تدوین محتوای اندیشمندانه: علی صیدخانی نهال، مروارید کرمخانی
- (۳) تایید نهایی دستنوشته پیش از ارسال به مجله: علی نوری زاده

غذایی، مخصوصاً نان، در ایران و استفاده از نان خشک به عنوان غذای دام می‌بایست به این قضیه در طول زنجیره غذایی توجه بیشتری شود.

نتیجه‌گیری

تشخیص وجود AFB₁ در نمونه‌های گردوغبار محیط کار کارگران نشان می‌دهد که آنان در صنعت تفکیک و بازیافت زباله در مواجهه با AFB₁ و خطرات ناشی از این تماس قرار دارند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از همکاری صمیمانه پرسنل شاغل در مراکز تفکیک و بازیافت زباله خشک و زباله تر شهرداری کرج تشکر نمایند.

References

- Heldal KK, Halstensen AS, Thorn J, Djupesland P, Wouters I, Eduard W, et al. Upper airway inflammation in waste handlers exposed to bioaerosols. *Occupational and environmental medicine*. 2003;60(6):444-50.
- Poulsen OM, Breum NO, Ebbehøj N, Hansen AM, Ivens UI, van Lelieveld D, et al. Collection of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *The Science of the total environment*. 1995;170(1-2):1-19.
- Rushing BR, Selim MI. Aflatoxin B₁: A review on metabolism, toxicity, occurrence in food, occupational exposure, and detoxification methods. *Food and Chemical Toxicology*. 2019;124:81-100.
- Lizárraga-Paulín EG, Moreno-Martínez E, Miranda-Castro SP. Aflatoxins and their impact on human and animal health: An emerging problem: INTECH Open Access Publisher; 2011.
- Halstensen AS. Species-specific fungal DNA in airborne dust as surrogate for occupational mycotoxin exposure? *International journal of molecular sciences*. 2008;9(12):2543-58.
- Karamkhani M, Asilian-Mahabadi H, Daraei B, Seidkhani-Nahal A, Noori-Zadeh A. Route exposure and adverse effects monitoring of Aflatoxin B₁ in the workers of wet waste management, the role of body redox system modulation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022;248:114305.
- Saad-Hussein A, Shady EM, Shaheen W, Ibrahim KS, Mahdy-Abdallah H, Taha MM, et al. Hepatotoxicity of aflatoxin B₁ and its oxidative effects in wood dust Egyptian exposed workers. *Archives of Environmental & Occupational Health*. 2021;76(8):561-6.
- Dvoráčková I, Pichova V. Pulmonary interstitial fibrosis with evidence of aflatoxin B₁ in lung tissue. 1986.
- Karamkhani M, Asilian-Mahabadi H, Daraei B, Seidkhani-Nahal A, Noori-Zadeh A. Liver and kidney serum profile abnormalities in workers exposed to aflatoxin B₁ in urban solid waste management centers. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2020;192(7):1-12.
- Jargot D, Melin S. Characterization and validation of sampling and analytical methods for mycotoxins in workplace air. *Environmental Science: Processes & Impacts*. 2013;15(3):633-44.
- Thrane U, Adler A, Clasen P-E, Galvano F, Langseth W, Lew H, et al. Diversity in metabolite production by *Fusarium langsethiae*, *Fusarium poae*, and *Fusarium sporotrichioides*. *International journal of food microbiology*. 2004;95(3):257-66.
- Alborch L, Bragulat M, Abarca M, Cabañes F. Effect of water activity, temperature and incubation time on growth and ochratoxin A production by *Aspergillus niger* and *Aspergillus carbonarius* on maize kernels. *International journal of food microbiology*. 2011;147(1):53-7.
- McDermott HJ. Air monitoring for toxic exposures. Second ed. United States of America: John Wiley & Sons; 2004.
- Brera C, Caputi R, Miraglia M, Iavicoli I, Salerno A, Carelli G. Exposure assessment to mycotoxins in workplaces: aflatoxins and ochratoxin A occurrence in airborne dusts and human sera. *Microchemical Journal*. 2002;73(1-2):167-73.
- Cointreau S. Occupational and environmental health issues of solid waste management: special emphasis on middle-and lower-income countries. *Urban Papers*. 2006;2.

16. Hygienists ACoGI. 2011 TLVs® and BEIs® Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, Ohio: ACGIH® Signature Publication; 2011. 279 p.
17. Golmohamadi R. Allowed Occupational Exposure Limits; Requirements, guidelines, and Technical guidelines of Environmental and Occupational Health Center: Environmental and Occupational Health Center, Ministry of Health and Medical Education Iran; Environmental Research Center, Tehran University of Medical Science; 2012. 215 p.
18. Bhatnagar D, Ehrlich KC, Cleveland TE. Molecular genetic analysis and regulation of aflatoxin biosynthesis. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2003;61(2):83-93.
19. Calvo AM, Wilson RA, Bok JW, Keller NP. Relationship between secondary metabolism and fungal development. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2002;66(3):447-59.
20. Ghosh S, Desai MR, Pandya G, Venkaiah K. Airborne aflatoxin in the grain processing industries in India. *American Industrial Hygiene Association journal.* 1997;58(8):583-6.
21. Burg WR, Shotwell O. Aflatoxin levels in airborne dust generated from contaminated corn during harvest and at an elevator in 1980. *J Assoc Off Anal Chem.* 1984;67(2):309-12.
22. Bünger J, Antlauf-Lammers M, Schulz TG, Westphal GA, Müller MM, Ruhnau P, et al. Health complaints and immunological markers of exposure to bioaerosols among biowaste collectors and compost workers. *Occupational and environmental medicine.* 2000;57(7):458-64.
23. Selim MI, Juchems AM, Pependorf W. Assessing airborne aflatoxin B₁ during on-farm grain handling activities. *American Industrial Hygiene Association.* 1998;59(4):252-6.
24. Fung F, Clark RF. Health effects of mycotoxins: a toxicological overview. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology.* 2004;42(2):217-34.
25. Degen G. The challenge to assess workplace related risks from mycotoxin exposure. *Mycotoxin research.* 2008;24(3):i-ii.
26. Dvorackova I. Aflatoxin inhalation and alveolar cell carcinoma. *Br Med J.* 1976;1(6011):691.
27. Olsen JH, Moller H, Jensen OM. Risks for respiratory and gastric cancer in wood-working occupations in Denmark. *J Cancer Res Clin Oncol.* 1988;114(4):420-4.
28. Nuntharatanapong N, Suramana T, Chaemthavorn S, Zapuang K, Ritta E, Semathong S, et al. Increase in tumour necrosis factor-alpha and a change in the lactate dehydrogenase isoenzyme pattern in plasma of workers exposed to aflatoxin-contaminated feeds. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2001;52(3):291-8.

Investigating levels of aflatoxin B₁ exposure through the settled dust in the working environment in workers of the dry and wet household waste sorting of the recycling industry

Morvarid Karamkhani¹, Hassan Asilian-Mahabadi², Bahram Daraei³, Ali Noori-Zadeh⁴,
Ali Seidkhani-Nahal^{4*}

1. Department of Occupational Health, Faculty of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

2. Department of Occupational Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3. Department of Toxicology and Pharmacology, School of Pharmacy, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4. Department of Clinical Biochemistry, Faculty of Medical Sciences, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran

Corresponding author: Ilam, Ilam University of Medical Sciences, Faculty of Medical Sciences

Abstract

Background & Aim: Aflatoxin B₁ (AFB₁) acts as a genotoxic, cytotoxic, and a potential hepatocarcinogen agent. Any contact with aflatoxins is a main threat to workers in the waste management industry. On the other hand, just a few studies have investigated occupational exposure to mycotoxins in the aforementioned industry. In this study, the exposure level of workers to dust and AFB₁ has been investigated in dry and wet waste sorting and recycling management centers of Karaj city.

Methods: 18 surface samples from bread separation, 18 surface samples of plastic separation, and 18 samples for control locations from the dry waste recycling centers, and 20 surface dust samples from the work environment of the wet sorting department of the center in the spring and fall seasons, and also 20 control samples were collected. After extraction and purification processes, the amount of AFB₁ in the surface samples was measured by HPLC.

Results: The amount of dust and AFB₁ levels of the surface samples collected from dry bread and plastic sorting places as well as wet waste sorting sites were higher in comparison with the control places in the spring and fall seasons.

Conclusion: Based on the results, the workers in this industry are exposed to AFB₁ and the risks associated with its exposure.

Keywords:

Aflatoxin B₁,
Mycotoxin, Aerosol,
Risk factor, Waste
management

How to Cite this Article: Karamkhani M, Asilian-Mahabadi H, Daraei B, Noori-Zadeh A, Seidkhani-Nahal A. Investigating levels of aflatoxin B₁ exposure through the settled dust in the working environment in workers of the dry and wet household waste sorting of the recycling industry. Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences. 2022;10(3):51-64.

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite.