فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۹/ شماره ۲/ تابستان ۱۳۹۸ صفحات ۱۲۱-۱۳۲

بررسی غلظت ذرات $PM_{2.5}$ منتشره از فرآیند پخت و پز و ارزیابی ریسک سرطان در شاغلین فروشگاه های تهیه غذای آماده شهر ساری

اسماعیل جوادی[۱]، جمشید یزدانی چراتی[۲]، محمود محمدیان[۳،*]

[۱] گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
[۲] گروه آمار حیاتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
[۳] مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، پژوهشکده اعتیاد، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۷

چکیده

مقدمه: یکی از آلاینده های مضر در محیط های داخلی، ذرات معلق در هوا هستند که در این بین ذرات با قطر کوچک تر از ۲/۵ میکرون بسیار خطرناک بوده و منجر به بیماری های ریوی و سرطان می گردد. در مطالعه حاضر به بررسی غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در هوای فروشگاه های تهیه غذای آماده و محاسبه ریسک سرطان زایی این ذرات در کارگران مواجهه یافته پرداخته شد.

روش کار: در این مطالعه توصیفی-تحلیلی تمامی ۱۳۲ فروشگاه تهیه غذای آماده شهرساری وارد مطالعه شدند. اندازه گیری ذرات $PM_{2.5}$ در هوا توسط دستگاه کالیبره شده قرائت مستقیم GRIMM-monitor صورت گرفت. داده های به دست آمده توسط نرم افزارهای SPSS16 و Prism6 با استفاده از آزمون های تی، هم بستگی پیرسون و آمار توصیفی آنالیز شد. نهایتاً ریسک سرطان زایی ذرات برای کارگران مواجهه یافته با استفاده از روابط توصیه شده در روش EPA محاسبه گردید.

یافته ها: میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در داخل فروشگاه ها (۳۰۸/۵ $\mu g/m^3$) به طور معنی داری بیش تر از غلظت آن در هوای بیرون (۱۲۱/۹۸$\mu g/m^3$) بود. بیش ترین هم بستگی میان غلظت ذرات داخل با استعمال سیگار (۰/۳۶۶) و تهویه موضعی (۰/۳۸۴-) به دست آمد. غلظت ذرات معلق در داخل و خارج فروشگاه ها به ترتیب ۸/۸ و ۴/۳ برابر حد مجاز EPA بود. ریسک سرطان زایی در نبود پخت و پز برابر ۵/۶ در ۱۰۰هزار نفر بوده و در هنگام پخت و پز این ریسک ۳/۵ برابر افزایش یافته و به ۱/۹۷ در ۱۰ هزار نفر رسیده است.

نتیجه گیری: موثرترین منبع در افزایش غلظت ذرات در هوای فروشگاه ها، ذرات منتشره از فرآیند پخت و پز می باشد. تراکم ذرات $PM_{2.5}$ در داخل و خارج فروشگاه ها بسیار بالاتر از حد مجاز EPA است. هم چنین ریسک سرطان برای کارکنان غیرقابل قبول می باشد که نیازمند راه کارهای اساسی برای کنترل آلودگی در منبع تولید آن می باشد.

کلمات کلیدی: *آلودگی هوا، $PM_{2.5}$، سرطان، ارزیابی ریسک، فروشگاه های تهیه غذای آماده*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *mohammadyan@yahoo.com*

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

مقدمه

آلودگی هوا و به ویژه آلودگی محیط های داخلی (محیط های بسته) یکی از مهم ترین مباحثی است که امروزه در مجامع علمی مطرح است، هرچند که پرداختن به این چالش سابقه ای طولانی دارد. شروع مطالعات از سال ۱۹۷۰ بوده است و تاکنون پژوهش های زیادی در زمینه ارتباط سلامتی و آلودگی محیط های داخلی (Indoor Air Pollution) انجام شده است که از جوانب گوناگون به بررسی این موضوع پرداخته اند. حجم وسیعی از مطالعات در زمینه های بررسی غلظت، ترکیب شیمیایی، اثرات آلودگی بر سلامتی، ارزیابی ریسک اثرات سرطانی و غیرسرطانی راه کارهای مدیریتی و مهندسی کنترل آلودگی هوا می باشد. آلودگی هوای محیط داخلی شامل انواعی از آلاینده ها می باشد که بخشی از آن از محیط بیرون به داخل نفوذ می کند و بخش دیگر آن مربوط به منابع داخلی می باشد(۱,۲). فرآیند پخت وپز یکی از منابع داخلی آلاینده ها می باشد که طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت سالیانه نزدیک به ۴/۳ میلیون انسان به علت آلودگی هوای محیط های داخلی(ناشی از پخت و پز) جان خود را از دست می دهند(۳). مطالعات صورت گرفته برروی زنان خانه دار تایوانی نشان داد که این افراد در مقایسه با زنان غیرخانه دار و حتی در مقایسه با مردان سیگاری بیش ترین شیوع سرطان را دارند(۴). فرآیند پخت و پز به دو صورت موجب افزایش آلودگی محیط داخلی می گردد؛ اول این که با توجه به نوع سوخت مصرفی آلاینده های زیادی ناشی از احتراق ناقص تولید شده و وارد هوا می شود. منشاء دوم مربوط به آلاینده هایی است که از ظرف پخت غذا منتشر می شود که در اینجا نوع روغن مصرفی، مواد غذایی در حال پخت، دمای اجاق و مهم تر از همه روش های پخت، اصلی ترین عوامل در میزان انتشار آلاینده می باشند(۵). احتراق سوخت های مختلف آلاینده های متفاوتی تولید می کنند. آلاینده های منتشره از احتراق گاز طبیعی، علاوه بر آلاینده های گازی شامل ذرات ریز و بسیار ریز (Fine particle &Ultra fine particle) و هم چنین آلاینده های باند شده به ذرات ریز هم چونPAHs می باشند(۶, ۷).

آلاینده های منتشره از ظروف پخت غذا نیز شامل ذرات ریز ($PM_{2.5}$ & PM_{10}) فیوم های روغن(حاوی PAHs، اسیدهای چرب اشباع شده و فلزات سنگین) می باشد. ذرات کوچک تر از ۲/۵ میکرومتر($PM_{2.5}$) علاوه بر این که به ناحیه تبادل گاز ریه (آلوئول ها) نفوذ می کند، به راحتی از سد سلولی عبور کرده و وارد جریان خون می گردد و در کل بدن پخش می شود که موجب شیوع طیف وسیعی از بیماری ها و درنهایت مرگ و میر به علت سکته مغزی، ایست قلبی، بیماری های انسدادی ریه، عفونت های حاد قسمت های تحتانی ریه و سرطان ریه می گردد(۳, ۸). مواجهه با ذرات کوچکتر از ۲/۵ میکرومتر حتی در غلظت های خیلی کم، یکی از ریسک فاکتورهای افزایش مرگ و میر در نتیجه دیابت ملیتوس(DM) است. هم چنین مطالعات اخیر نشان داده است که بیماری های ریوی هم چون آسم، آمفیزم ریوی و سرطان ریه منجر به شیوع بالای مرگ و میر در کارکنان رستوران ها و هتل ها می گردد(۹-۱۱). مطالعات میدانی برای اندازه گیری غلظت آلاینده های هوا نشان داد که در کارگاه پیتزا پزی طی فرآیند پخت پیتزا در شرایط تهویه طبیعی هوای کارگاه، تعداد ذرات شمارش شده در هوا و غلظت جرمی ذرات معلق $PM_{2.5}$ به ترتیب ۷۴ و ۲۳ برابر غلظت زمینه ای بوده و عواملی مثل نوع اجاق پخت و پز و باز یا بسته بودن دربِ ظرف پخت و پز در غلظت ذرات تاثیر دارد (۱۲). بررسی ها نشان داده است که میانگین غلظت ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ در رستوران هایی که با سبک کره ای پخت و پز انجام می دهند، بیش تر از سایر رستوران هاست(۱۳). اگر چه مطالعات زیادی برای بررسی غلظت آلاینده های مختلف در محیط های داخلی در ایران انجام شده است ولیکن بر اساس اطلاعات به دست آمده توسط نویسندگان، بررسی های اندکی در مورد ارزیابی غلظت آلاینده ها در مراکز تولید غذا انجام شده است. از جمله مطالعات مرتبط با موضوع حاضر می توان به مطالعه قاسم خانی و همکاران اشاره کرد که غلظت برخی از گازهای آلاینده در رستوران های سطح شهر تهران را مورد مطالعه قرار داده اند(۱۴). در مطالعه دیگر تراکم ذرات $PM_{2.5}$ در هوای داخل و خارج فروشگاه های مرکز شهر ساری توسط

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

محمدیان و همکاران مورد سنجش قرار گرفته است که غلظت این ذرات در داخل و خارج فروشگاه ها از حد مجاز ۲۴ ساعته فراتر بوده و هم چنین آلودگی محیط بیرون به عنوان عامل اصلی در افزایش غلظت آلاینده های $PM_{2.5}$ در داخل فروشگاه ها بوده است(۱۵).

آلاینده های شیمیایی دارای اثرات سرطان زایی و غیرسرطان زایی می باشد که در مطالعات مختلف به ارزیابی ریسک هر دو نوع اثر پرداخته شده است(۱۶). دهقانی و همکاران در مطالعه خود در یک واحد تولید کُک به بررسی اثرات سرطانی و غیرسرطانی ترکیبات BTEX پرداخته اند. نتایج این مطالعه نشان داد که ریسک سرطان زایی بنزن بیش تر از سایر ترکیبات بوده و بالاتر از حد مجاز توصیه سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) است . در این صنعت سیستم های کنترلی موجود ناکارآمد بوده و نیازمند بهبود می باشد(۱۷). در مطالعه دیگری که توسط دهقانی و همکاران با هدف ارزیابی ریسک بهداشتی ترکیبات BTEX در واحد رنگ یک صنعت خودروسازی انجام شد، نتایج نشان داد که میزان ریسک سرطان زایی برای بنزن و اتیل بنزن (به ازای هر ۱۰۰۰ نفر) در کابین رنگ بیش تر از سایر بخش ها به ترتیب برابر ۱۰ و ۲/۵ بوده است و برای اثرات غیرسرطانی برای بنزن در کلیه بخش ها بالاتر از حدمجاز EPA بوده است(۱۸).

در سال ۲۰۰۷Hu و همکاران در مطالعه ای به ارزیابی ریسک سرطان در ماموران پلیس مواجهه یافته با آلاینده های PAH ناشی از ترافیک خودروها پرداختند. نتایج نشان داد که سطح ریسک مواجهه در این افراد در محدوده 10^{-6} تا 10^{-3} قرار داشته است که این ریسک غیرقابل قبول است ولیکن در بحث کنترل از اولویت پایین تری برخوردار می باشد(۱۹). در مطالعه ای که Liu و همکاران با هدف ارزیابی ریسک سرطان ناشی از فلزات سنگین موجود در ذرات $PM_{2.5}$ در محوطه دانشگاهی انجام دادند نتایج به دست آمده نشان داد که ریسک سرطان زایی برای کروم از هر سه مسیر تماسی برابر $2/91 \times 10^{-4}$ و برای سرب از مسیر خوراکی $2/67 \times 10^{-4}$ بود که از حد استاندارد (10^{-4}) فراتر بوده است(۲۰).

در مطالعه Kim و همکاران که در سال ۲۰۱۸ در کشور کره انجام شد، آن ها به بررسی ریسک بهداشتی ناشی از ذرات $PM_{2.5}$ منتشره از فرآیند پخت و پز در آشپزخانه و اتاق های آپارتمان ها پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که میانگین غلظت ذرات ۳/۸ برابر حد مجاز ۲۴ ساعته بوده است. زمانی که پخت و پز وجود ندارد ریسک سرطان زایی به طور قابل ملاحظه ای کم تر از زمانی بوده است که فرآیند پخت و پز وجود داشته است. نیروی گرمایی بالابرنده ناشی از پخت و پز (Bouncy Force) علیرغم وجود سیستم تهویه موجب پخش ذرات در محیط می گردد. تهویه مکانیکی (با سطح ریسک $4/76 \times 10^{-5}$) و تهویه طبیعی یک طرفه (با سطح ریسک $4/88 \times 10^{-5}$) در مقایسه با تهویه دو طرفه (با سطح ریسک $4/35 \times 10^{-5}$) موجب افزایش ریسک سرطان زایی در این محیط شده است که نشان دهنده لزوم بهبود سیستم تهویه در این مکان هاست(۲۱).

در ایران هیچ مطالعه ای در زمینه بررسی غلظت ذرات معلق در هوای فروشگاه های تهیه غذای آماده انجام نشده است. با توجه به اهمیت و ارزش مطالعات اپیدمیولوژیکی جهت اطلاع از غلظت آلودگی هوا و به دنبال آن اخذ تصمیمات پیش گیرانه، این مطالعه با هدف بررسی غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در هوای فروشگاه های تهیه غذای آماده در شهر ساری انجام شد. از نظر سازمان تحقیقات بر روی سرطان، آلاینده های منتشره از فرآیند پخت و پز و سرخ کردن، سرطان زا (گروه ۱ سرطان زایی) محسوب می شوند. لذا در این مطالعه ذرات معلق به عنوان بخشی از این آلاینده ها سنجش شده و ارزیابی ریسک آن ها برای کارگران در فروشگاه های عرضه غذای آماده (که تاکنون در ایران انجام نشده است) مورد بررسی قرار گرفت.

روش کار

سنجش غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و عوامل محیطی

در این مطالعه توصیفی-تحلیلی که در سال ۱۳۹۶ انجام شد، تمام ۱۵۸ فروشگاه تهیه غذای آماده موجود در شهر ساری وارد مطالعه شدند. در طول مطالعه ۲۶

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

مورد از فروشگاه ها به علت تغییر آدرس و یا عدم موافقت مالکین از مطالعه حذف شدند، در نهایت ۱۳۲ فروشگاه مورد ارزیابی قرار گرفت. برای سنجش غلظت ذرات $PM_{2.5}$ ، از دستگاه قرائت مستقیم مجهز به سنجش گر لیزری Grimm Dust Monitor (مدل 1.08 ساخت کشور آلمان) استفاده شد. این دستگاه با استفاده از یک پمپ داخلی، هوا را با دبی ۱/۲ لیتر بر دقیقه مکش نموده و با استفاده از مکانیسم انعکاس لیزری جرم ذرات را سنجش کرده و غلظت را در قطرهای مختلف ذرات بر اساس تنظیمات اولیه اندازه گیری و به صورت مستقیم در حافظه ذخیره می کند. پس از سنجش، فیلتر PTFE تعبیه شده در خروجی دستگاه ذرات را جمع آوری می کند تا برای آنالیزهای وزنی و یا شیمیایی مورد استفاده قرار گیرد. در این مطالعه از این فیلتر برای کالیبراسیون دستگاه و استاندارد سازی داده ها استفاده شد (رابطه ۱ و ۲).

C_i (غلظت ذرات جمع آوری شده به وسیله فیلتر) = اختلاف وزن فیلتر قبل و بعد از نمونه برداری / حجم هوای استاندارد مکش شده (۱)

با تقسیم مقدار C_i بر مقدار قرائت شده توسط دستگاه (C_{grimm}) فاکتور تصحیح به دست می آید.

$$C\text{-}Factor = C_i / C_{grimm} \quad (۲)$$

عدد تصحیح به دست آمده در تمام داده های دستگاه ضرب شده و غلظت استاندارد شده ذرات به دست آمد. سنجش غلظت ذرات در هوای داخل فروشگاه ها به مدت ۱۰ دقیقه در ارتفاع معادل منطقه تنفسی فردِ درحالِ تهیه مواد غذایی (۱/۵ متری سطح زمین)، انجام شد. جهت مقایسه مقادیر داخل فروشگاه با مقادیر موجود در هوای محیط بیرون از فروشگاه، در هوای بیرون نیز در فاصله بیش تر از ۲ متری از مقابل درب ورودی فروشگاه و در ارتفاع ۱/۵ متری سنجش به مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفت. به عبارتی ۱۰ اندازه گیری یک دقیقه ای در داخل و ۱۰ اندازه گیری یک دقیقه ای در بیرون فروشگاه انجام شد (۱۶). مقدار حدمجاز مواجهه توصیه شده توسط انجمن محیط زیست آمریکا (US-EPA) برای تماس ۲۴ساعته با ذرات $PM_{2.5}$ برابر ۳۵ میکروگرم بر مترمکعب می باشد(۱۸). هم زمان با سنجش تراکم ذرات، مقدار دما و درصد رطوبت نسبی نیز توسط دستگاهHumidity Temperature Meter, TES1366 ساخت شرکتTes EICT کشور تایوان سنجش شد. پرسش نامه دموگرافیک حاوی اطلاعاتی هم چون سن و وزن شاغلین نیز تکمیل گردید.

ارزیابی ریسک سرطان ناشی از ذرات $PM_{2.5}$

جهت برآورد میزان کمّی ریسک سرطان زایی طول عمرِ ناشی از تماس با ذرات معلق $PM_{2.5}$ از دستورالعمل ارایه شده توسط EPA استفاده شد.

ارزیابی ریسک در چهار گام انجام شد: شناسایی خطر، ارزیابی مواجهه، ارزیابی سمیت آلاینده و در نهایت برآورد ریسک سرطان مطابق دستورالعمل سازمان EPA و روش کار مطالعه Bello و همکاران(۲۲,۲۳).

شناسایی خطر براساس شواهد موجود در مطالعات انجام شد. ذرات $PM_{2.5}$ با توجه به ترکیب شیمیایی آن (که شامل اجزاء سرطان زا هم چون هیدروکربن های چندهسته ای و فلزات سنگین است) جزو آلاینده های سرطان زا محسوب می گردد. ارزیابی مواجهه براساس دفعات تماس (EF) تخمین زده شد. سمیت آلاینده نیز بر اساس عامل شیب سرطان (CSF) تعیین شد. برای محاسبه این عامل از مطالعه مشابه انجام شده در کره جنوبی استفاده شد(۲۱). ریسک کمّی سرطان با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده بر اساس دستورالعمل بالا و طبق روابط شماره (۳تا ۵)محاسبه شد.

مقادیر به دست آمده از معادلات مذکور به صورت کسری می باشد. محدوده مجاز توصیه شده توسط EPA بین 10^{-6} (شانس ابتلاء فرد به سرطان ۱ در ۱ میلیون مورد) تا 10^{-4}(شانس ابتلاء فرد به سرطان ۱ در ۱۰ هزار مورد) می باشد که ریسک بیش تر از 10^{-4} ریسک سرطان زایی غیرقابل قبول تلقی می گردد (۲۱ و ۲۳).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

$$CSF = \frac{UR}{BW \cdot IR} \quad (۳)$$

CSF

: عامل شیب سرطان $(\mu g/kg.day)^{-1}$

UR: ریسک واحد $(\mu g/m^3)$

BW: میانگین وزن بدن شاغلین (kg)

IR: مقدار تنفسی مردان بزرگ سال (m^3/hr)

$$LADD = \frac{CA \cdot IR \cdot ED \cdot EF}{BW \cdot AT} \quad (۴)$$

LADD

: دوز میانگین روزانه $(\mu g/kg.day)$

CA: غلظت آلاینده $(\mu g/m^3)$

ED: طول مدت تماس (سال)

EF: دفعات تماس (تعداد روز در سال)

AT: طول عمر میانگین برای اثرات سرطانی (روز)

$$ELCR = LADD \cdot SF \quad (۵)$$

ELCR: ریسک ابتلا به سرطان

یافته ها

جدول (۱) آمار توصیفی متغیرهای مورد مطالعه را نشان می دهد که شامل میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$، دما و رطوبت نسبی در داخل و خارج فروشگاه ها و هم چنین سرعت جریان باد در محیط بیرون (خارج فروشگاه ها) و اطلاعات دموگرافیک فردی می باشد.

جدول(۲) ضریب هم بستگی پیرسون و میزان معنی داری آن را میان ذر ات $PM_{2.5}$ داخل فروشگاه با سایر متغیرها هم چون غلظت ذرات در بیرون، ترافیک خیابان مجاور، تهویه موضعی و عمومی، رطوبت نسبی و دما در داخل و خارج فروشگاه ها و سرعت جریان باد

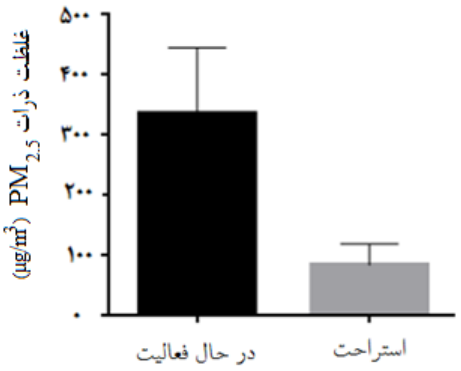
جدول (۱)- آمار توصیفی متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در داخل $(\mu g/m^3)$	۳۰۸/۵	۱۳۱/۳۴	۲۲/۷۲	۶۲۷/۴۲
غلظت ذرات $PM_{2.5}$در بیرون $(\mu g/m^3)$	۱۲۱/۹۸	۴۹/۰۲	۲۷/۶۱	۲۵۸/۲۶
رطوبت نسبی بیرون (%)	۷۲/۳۳	۶/۹۳	۵۶/۶	۸۴/۸
رطوبت نسبی ایستگاه کاری(%)	۶۸/۴۵	۹/۶	۴۶	۸۸/۳
دمای هوای ایستگاه کاری (^oC)	۴۰/۲	۴/۵۴	۳۲/۴	۴۸/۶
دمای هوای بیرون (^oC)	۲۹/۷۲	۳/۰۸	۲۳/۱	۳۹
سرعت جریان باد (Km/h)	۶/۱۵	۵/۵	۰	۱۸
سن کارگر	۳۶/۳	۸/۷	۲۱	۵۳
وزن کارگر	۷۰/۴	۱۲	۴۹	۹۰

جدول(۲)- هم بستگی پیرسون (*Pearson Correlation*) میان غلظت ذرات $PM_{2.5}$ داخل محیط کار و متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	تعداد نمونه	ضریب هم بستگی	سطح معنی داری
غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در بیرون	۱۳۲۰	۰/۳۱۶	۰/۰۰۰
ترافیک خیابان مجاور	۱۳۲۰	۰/۲۱۹	۰/۰۱۲
استعمال سیگار	۱۳۲۰	۰/۳۰۶	۰/۰۰۰
تهویه موضعی	۱۳۲۰	-۰/۳۸۴	۰/۰۰۰
رطوبت نسبی بیرون	۱۳۲۰	-۰/۱۴۸	۰/۰۴۵
رطوبت نسبی ایستگاه کاری	۱۳۲۰	۰/۳۰۸	۰/۰۰۰
دمای هوای ایستگاه کاری	۱۳۲۰	۰/۲۴	۰/۰۰۳
دمای هوای بیرون	۱۳۲۰	۰/۱۵۹	۰/۰۳۴
سرعت جریان باد	۱۳۲۰	۰/۱۶۰	۰/۰۳۳

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]



شکل (۱)- تراکم ذرات$PM_{2.5}$ محیط کار در هنگام پخت غذا و عدم پخت

نشان می دهد. نتایج بیان کرد که ارتباطات معنی داری میان متغیرها وجود دارد. بیش ترین هم بستگی مثبت و منفی به ترتیب میان غلظت ذرات$PM_{2.5}$ داخل با تهویه موضعی می باشد.

شکل (۱) نموداری از غلظت ذرات معلق $PM_{2.5}$ در داخل فروشگاه ها در دوحالت می باشد. حالت «درحال فعالیت» بیان گر سنجش میزان ذرات معلق در حین پخت غذا بوده و سنجش «استراحت» بیان گر زمانی است که هیچ گونه فعالیت پخت و پز وجود نداشته و تنها غلظت زمینه ای ذرات سنجش شده است. همان گونه که در شکل نشان داده شده است تفاوت چشم گیری میان غلظت ذرات در دو حالت مذکور وجود دارد که مؤید آلایندگی فرآیند تهیه مواد غذایی می باشد.

در جدول (۳) نتیجه آزمون تی-تک نمونه ای مشاهده می شود. در این آزمون غلظت ذرات معلق داخل و خارج فروشگاه ها با میزان استاندارد توصیه شده توسط EPA (معیار آزمون) مقایسه شده است. نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری میان غلظت ذرات $PM_{2.5}$ و مقدار معیار آزمون وجود دارد و میزان این تفاوت نیز چشم گیر می باشد.

جدول (۴) آمار توصیفی نسبت تراکم ذرات $PM_{2.5}$ هوای داخل نسبت به خارج فروشگاه ها (Indoor/ Outdoor) و هم چنین نسبت غلظت ذرات را به حدمجاز (W/EPA) نشان می دهد. همان طور که در ردیف اول دیده می شود، نسبت غلظت ذرات محیط داخلی به محیط خارج، دارای میانگین و انحراف معیار ۱/۲۹±۲/۷۶ بوده و در ردیف دوم نسبت جرمی ذرات معلق به میزان حد مجاز EPA آمده است که به طور میانگین غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در داخل فروشگاه ها ۳/۷۵±۸/۷۵ برابر و در خارج فروشگاه ها ۱/۴±۳/۴۸ برابر حد مجاز بوده است.

نتایج ارزیابی ریسک ابتلا به سرطان در شاغلین فروشگاه های غذای آماده در جدول (۵) آمده است. مقدار هوای تنفس شده روزانه توسط افراد بزرگ سال مطابق استاندارد EPA برابر ۲۰ مترمکعب می باشد و مقدار

جدول (۳)- آزمون T تک نمونه ای مربوط به غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در هوای محیط کار و محیط بیرون

متغیر غلظت	معیار آزمون= ۳۵ (میکروگرم بر مترمکعب)					
	t	df	معنی داری	میانگین تفاوت	فواصل اطمینان ٪۹۵	
					سطح بالا	سطح پایین
غلظت $PM_{2.5}$ داخل	۲۳/۹۳	۱۳۱	۰/۰۰۰	۲۷۳/۵۵	۲۹۶/۱۶	۲۵۰/۹
غلظت $PM_{2.5}$ بیرون	۲۰/۳۸	۱۳۱	۰/۰۰۰	۸۶/۹۸	۹۵/۴۲	۷۸/۵۴

جدول (۴)- آمار توصیفی نسبت تراکم ذرات $PM_{2.5}$ داخل محیط کار نسبت به هوای محیط بیرون

شاخص ها← / نسبت ها↓		حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
I/O		۰/۱۲۳	۷/۳۲	۲/۷۶	۱/۲۹
W/EPA	محیط کار	۰/۶۵	۱۷/۹	۸/۷۵	۳/۷۵
	بیرون	۰/۷۸	۷/۳۷	۳/۴۸	۱/۴
W: مقدار الاینده سنجش شده				EPA: حدمجاز توصیه شده	

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

ریسک واحد (UR) از مطالعات مشابه ۰/۰۰۸ $\mu g/m^3$ به دست آمد که به وسیله آن عامل تشدید برای افراد با وزن میانگین ۷۰/۴ کیلوگرم محاسبه شد. برای محاسبه مقدار میانگین روزانه ، مدت تماس (ED) ۳۰ سال، دفعات تماس در سال (EF) ۳۲۰ روز (با کسر ۴۵ روز تعطیلی از ۳۶۵ روز سال) و میانگین طول عمر (AT) نیز برابر ۲۵۵۵۰ روز (۳۶۵×۷۰) قرار داده شد. در جدول (۵) ریسک سرطان زایی در غلظت های مختلف ذرات محاسبه شده است. بیش ترین ریسک سرطان برابر $۲/۱\times۱۰^{-۴}$ و مربوط به زمانی است که درب ورودی فروشگاه بسته بوده است و کم ترین ریسک برابر $۵/۶\times۱۰^{-۵}$ و مربوط به حالتی است که پخت و پز وجود ندارد.

در جدول (۶) چند مورد از مطالعات مرتبط با مطالعات حاضر مقایسه شده است. در اغلب این مطالعات نسبت I/O بیش تر از ۱ و پخت و پز جزء منابع اصلی انتشار آلاینده در این محیط ها بوده و غلظت ذرات غالباً بالاتر از حد استاندارد بوده است.

بحث

در مطالعه حاضر جهت بررسی غلظت ذرات هوابرد زیر ۲/۵ میکرون، نمونه هوا از ارتفاع معادل منطقه تنفسی شاغلین فروشگاه های عرضه غذای آماده تهیه شد. جهت بالابردن دقت کار، در هر ایستگاه نمونه برداری ۱۰ بار تکرار شده و سپس میانیگن آن ها به عنوان غلظت

جدول(۵)- نتایج ارزیابی ریسک ابتلا به سرطان در شاغلین فروشگاه های غذای آماده

متغیرها		غلظت ذرات ($\mu g/m^3$)	مقدار میانگین روزانه (LADD) ($\mu g/kg.day$)	ریسک نهایی (ELCR)	تشدید سرطان (CSF) $(\mu g/kg.day)^{-1}$
پخت و پز	دارد	۳۲۴/۳۸	۳۴/۶۲	$۱/۹۷\times۱۰^{-۴}$	$۵/۷\times۱۰^{-۶}$
	ندارد	۹۲/۱۶	۹/۸۴	$۵/۶\times۱۰^{-۵}$	
تهویه موضعی	دارد	۲۷۲/۴۱	۲۹/۰۷	$۱/۶۶\times۱۰^{-۴}$	
	ندارد	۳۷۸/۴۲	۴۰/۴	$۲/۳\times۱۰^{-۴}$	
درب ورودی	باز	۲۵۴/۶۸	۲۷/۲	$۱/۵۵\times۱۰^{-۴}$	
	بسته	۳۵۰/۶۲	۳۷/۴۲	$۲/۱\times۱۰^{-۴}$	

جدول (۶)- مقایسه مطالعات انجام شده در برخی از محیط های داخلی

مطالعه	مکان مورد بررسی	حجم نمونه	مهم ترین منابع آلودگی	میانگین	نسبت I/O
Lee, 2001 Hong Kong, China	رستوران (سبک کره‌ای)	۱	پخت و پز (بریان کردن)	۱۱۶۷±۱۷۳	۱۸/۲
	رستوران (سبک چینی)	۱	پخت و پز (دمه روغن و بخارآب)	۸۱/۱±۱۰/۹	۱/۶
	رستوران (سبک غربی)	۱	نفوذ از بیرون، سوخت اجاق گاز	۲۱/۸±۴/۸	۰/۳
Gao, 2013 Shanghai, China	آشپزخانه (آزمایش گاهی)	۱	پخت و پز (انواع روغن‌ها)	/۳۳±۲۹۳۹/۶ ۷۳۸۳	-
احمدنصیر، ۲۰۱۳ لاهور، پاکستان	آشپزخانه	۳	پخت و پز (نوع سوخت، تهویه، تغییرات فصل)	۶۲۲±۱۱۲	۱/۶۸±۰/۵۸
محمدیان، ۲۰۱۱ ساری، ایران	فروشگاه‌ها	۱۸۵	نفوذ از بیرون، فعالیت افراد و وسایل گرمایش	۸۲/۲	۰/۹۸
احمدنصیر، ۲۰۱۳ لندن، انگلستان	منازل	۱۱	پخت و پز(مکانیسم اجاق)، دود سیگار، حرکات افراد، نظافت با جاروبرقی	۱۵۰۰±۹۸۰	>۱
حسن‌وند و همکاران۲۰۱۴ ایران، تهران	خانه سالمندان و خواب گاه دانش جویی	۲	نفوذ از بیرون و فعالیت افراد	۳۳/۶±۲۰	۰/۵۶±۰/۱۶
Branco, 2014 Porto, Portugal	مهدکودک	۳	فعالیت افراد، پخت و پز، نظافت	۲۸/۲±۸/۷	>۲
مطالعه حاضر	فروشگاه‌های عرضه غذای آماده	۱۳۲	پخت و پز	۳۰۸/۵±۱۳۱/۳۴	۲/۷۶±۱/۲۹

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

آلاینده در آن فروشگاه ثبت شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در داخل و خارج فروشگاه ها بالاتر از حد مجاز توصیه شده توسط EPA بوده است. با توجه به یافته ها، عوامل مختلفی نقش کمکی در افزایش و یا کاهش غلظت ذرات در داخل فروشگاه ها داشته اند. اصلی ترین عامل در افزایش غلظت ذرات $PM_{2.5}$، فرآیند پخت و پز می باشد. همان طور که در شکل (۱) نشان داده شده است، هنگام پخت غذا، غلظت ذرات $PM_{2.5}$ تا ۳/۵ برابر مقدار زمینه ای افزایش می یابد. در مطالعات مشابهی که در کشورهای دیگر در محیط های داخلی انجام شده است، نتایج هم سویی با مطالعه حاضر داشته اند. به عبارتی در این مطالعات نیز غلظت ذرات در محیط داخل بسیار بیش تر از محیط بیرون بوده است. هم چنین منابع اصلی تولید آلودگی داخلی از نظر آنان شامل پخت و پز، استعمال سیگار، استفاده از وسایل تمیزکننده هم چون جاروبرقی و فعالیت افراد بوده است که از این حیث نیز با مطالعه حاضر هم خوانی دارد چرا که در مطالعه ما پخت و پز، استعمال سیگار و فعالیت افراد تاثیر چشم گیری در افزایش غلظت ذرات داشته است(۲۴-۲۷).

با توجه به یافته های جدول(۶) می توان چنین نتیجه گرفت در محیط هایی که در آن ها پخت و پز انجام می گیرد غالباً غلظت آلاینده در داخل بسیار بیش تر از محیط بیرون است. در محیط داخل برخی از فروشگاه ها غلظت ذرات تا ۱۸ برابر حدمجاز بوده است که این اتفاق به دلیل نوع ماده غذایی (اغلب گوشت) در حال پخت و سبک پخت و پز (سرخ کردن با روغن بسیار کم) در آن فروشگا ه می باشد. هم چنین در فروشگاه هایی که ماده غذایی اغلب خلال سیب زمنی، سوسیس و فلافل بوده و پخت و پز با روغن زیاد انجام می شد، غلظت ذرات پایین تر از موارد مذکور بوده است. از طرفی غلظت ذرات در محیط های داخلی در مواردی تا ۷/۳۲ برابر محیط بیرون بوده است که این موضوع دلالت بر این دارد که تاثیر نفوذ ذرات از محیط بیرون در مقابل ذرات منتشره از ظرف پخت غذا بسیار ناچیز می باشد. بنابراین در تمامی مکان هایی که فرآیند پخت و پز صورت بگیرد آن مکان باید مجهز به سیستم های کنترلی باشد که حداقل بتواند غلظت آلاینده را تا حد مجاز تقلیل دهد. سیستم تهویه کارآمد مهم ترین راه کاری است که می توان پیشنهاد داد تا آلودگی را در همان نقطه انتشارِ آن احاطه کرده و به بیرون انتقال دهد.

عامل مهم دیگری که نباید مورد غفلت قرار گیرد بحث استعمال سیگار در محیط های سربسته می باشد. گرچه به ظاهر سوختن سیگار تنها آلاینده های گازی تولید می کند، اما مطابق مطالعات صورت گرفته، ادعا شده است که بخش اعظم دود سیگار حاوی ذرات ریز و بسیار ریز است که از لحاظ بیماری زایی آن را می توان هم رده با آلاینده های منتشره ناشی از پخت و پز در نظر گرفت(۲۸). بنابراین با ممنوعیت استعمال سیگار در محیط های داخلی می توان تا حد قابل توجهی غلظت ذرات ریز (زیر ۲/۵ میکرون) را کاهش داد. متغیر مربوط به میزات ترافیک خیابان ها نیز رابطه مستقیم با غلظت ذرات داشته است که احتمالاً این به دلیل فرهنگ شهر نشینی در مناطق پرترافیک (اغلب مرکز شهر و مناطق مرفه تر) است که میزان مصرف غذای آماده در این مناطق بالا بوده در نتیجه حجم کار پخت و پز در فروشگاه ها نیز بالا رفته و متعاقب آن غلظت ذرات $PM_{2.5}$ افزایش یافته است. دمای هوای محیط بیرون و سرعت جریان باد دو عامل موثر در افزایش غلظت ذرات $PM_{2.5}$ در محیط بیرون هستند، به گونه ای که در مطالعه خدارحمی و همکاران نیز رابطه مستقیم میان افزایش سرعت جریان باد و غلظت ذرات $PM_{2.5}$ گزارش شده است(۲۹). ولیکن در مطالعات دیگری نظیر مطالعه Kwon و همکاران، یک رابطه عکس میان سرعت جریان باد و غلظت ذرات $PM_{2.5}$ گزارش شد(۳۰).

با استفاده از داده های به دست آمده در مطالعه حاضر ریسک سرطان برای شاغلین در حالت های مختلف باز/ بسته بودن درب، کارایی مطلوب/نامطلوب سیستم تهویه و انجام/ عدم انجام فرآیند پخت و پز، محاسبه شد. زمانی که پخت و پز نباشد ریسک ابتلاء به سرطان ۱ در ۱۰۰

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

هزار نفر می باشد که از نظر سازمان EPA قابل قبول است. اما با انجام پخت و پز غلظت ذرات افزایش یافته و ریسک سرطان ۳۵ درصد یعنی ۳/۵ برابر افزایش می یابد که در واقع ریسک ابتلاء شاغلین به سرطان تقریباً به ۲ در ۱۰ هزار نفر می رسد که از نظر EPA ریسک بالایی محسوب می گردد. انجام پخت و پز به همراه بسته بودن درب و نبود سیستم تهویه موضعی به ترتیب ۲۷۵ درصد و ۳۱۰/۷ درصد ریسک سرطان را نسبت به حالتی که پخت و پز وجود ندارد افزایش داده است. با باز گذاشتن درب، این ریسک ها به ترتیب ۹۸/۲ درصد و ۱۱۴/۲درصد کاهش یافته است ولیکن به مقدار مجاز نرسیده است. بنابراین تاثیرتهویه طبیعی یا همان باز بودن درب ورودی بر کاهش غلظت ذرات، بیش تر از تهویه موضعی بوده است. به همین دلیل هنگامی که در باز است نسبت به هنگامی که از تهویه موضعی سالم استفاده می شود، ریسک سرطان ۷/۱ درصد پایین تر می باشد. این اتفاق به دلیل آن است که جریان هوای داغ با سرعت به سمت بالا حرکت می کند و فرصت گیراندازی ذرات را به هود نمی دهد و در نتیجه ذرات به سرعت در محیط پخش می شوند و پس از آرام شدن جریان، هوا به سمت قسمتی از فروشگاه حرکت می کند که غلظت آلاینده در آن نقطه پایین است. بنابراین حرکت به سمت درب خروجی محتمل ترین مسیر ممکن بوده و غلظت آلودگی کاهش پیدا می کند.

مواجهه با ذرات زیر ۲/۵ ممکن است باعث ریسک بالقوه اثرات بهداشتی نامطلوب در دوره کاری سی ساله شود. در چند سال اخیر مطالعات مختلفی به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با انواع آلاینده ها صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آن ها اشاره شده است. کیم و همکاران در مطالعه خود دریافتند که میانگین غلظت ذرات بالاتر از حد مجاز بوده و در هنگام پخت و پز ریسک سرطان زایی ناشی از ذرات منتشره از فرآیند پخت و پز از حد مجاز توصیه شده فراتر بوده است و سیستم های تهویه ناکارآمد بوده و تاثیر قابل توجهی بر کاهش غلظت آلاینده ها نداشته است(۱۹). این مطالعه با یافته های مطالعه حاضر کاملا هم خوانی دارد به نحوی که در مطالعه ما نیز غلظت آلاینده ها بالاتر از حد مجاز بوده و ریسک سرطان زایی در هنگام پخت و پز غیر قابل قبول می باشد. مطالعه حاضر از حیث سطح ریسک سرطان زایی با مطالعه دهقانی و همکاران هم خوانی دارد. ایشان در مطالعه خود دریافتند که ریسک سرطان زایی ترکیبات BTEX در واحد تولید کُک غیرقابل قبول بوده و کاهش این ریسک نیازمند بهبود سیستم های کنترلی می باشد. ولیکن هیو و همکاران در مطالعه خود میزان ریسک سرطان زایی را در ماموران پلیس مواجهه یافته با آلاینده های PAH، در محدوده قابل قبول انگاشته اند که با یافته های مطالعه حاضر هم خوانی ندارد.

نتیجه گیری

با توجه به یافته های مطالعه حاضر چنین نتیجه گیری می شود که علی رغم استعمال سیگار و سایر فعالیت های صورت گرفته در داخل فروشگاه ها، مهم ترین عامل و منشأ ذرات معلق $PM_{2.5}$، فرآیند پخت و پز و شرایط مربوط به آن می باشد. تراکم ذرات $PM_{2.5}$ هم در داخل و هم در خارج فروشگاه ها، بطور معنی داری بالاتر از حد مجاز بوده است. گرچه حدمجاز ارایه شده برای محیط های بیرون و برای تماس مردم عادی توصیه شده است ولیکن به دلیل نبود مرجعی جهت مقایسه غلظت ذرات داخل محیط های کاری، از حد استاندارد EPA استفاده شد. با توجه به آن چه که ذکر شد، هرگونه اقدامات کنترلی در درجه اول باید معطوف به منبع اصلی انتشار آلودگی یا ظرف پخت غذا باشد. در مکان های مورد مطالعه مشاهده شد که تهویه موضعی به طور چشم گیری موجب کاهش آلودگی می گردد ولیکن هم چنان غلظت ذرات $PM_{2.5}$ بالاتر از حدمجاز مذکور می باشد. جریان هوای داغ به علت دارا بودن نیروی بالابرنده موجب سرریز هوای آلوده از اطراف لبه های هود می گردد. در نتیجه خطر ابتلاء به سرطان برای شاغلین فروشگاه های عرضه غذای آماده بسیار بالا می باشد . تهویه موضعی و طبیعی قادر به کاستن این

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

ریسک تا حد قابل قبول نمی باشد که این مشکل با افزایش میزان مکش هود قابل حل است. به همین جهت توصیه می گردد از سیستم تهویه موضعی مجهز به هود محصور کننده با کارایی بالا استفاده گردد.

محدودیت های مطالعه

با استفاده از آنالیز شیمیایی ذرات، ترکیب شیمیایی آن به طور دقیق مشخص می شود که می توان به وسیله آن عامل شیب سرطان و سایر ضرایب را به طور اختصاصی محاسبه کرد و درنهایت ریسک سرطان را به طور دقیق برای هریک از ترکیبات تعیین کرد که این هدف در این مطالعه به دلیل کمبود امکانات آزمایش گاهی و بودجه مالی محقق نشد. لذا توصیه می شود در مطالعات آینده پژوهش گران به بررسی ترکیب شیمیایی ذرات منتشره از فرآیند پخت وپز و آزمون راه کارهای کنترلی ارایه شده بپردازند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بر اساس نتایج اجرای پایان نامه تحقیقاتی ثبت شده با کد اخلاق IR.MAZUMS.S.95.372 در دانشگاه علوم پزشکی مازندران نگارش شده است که بدین وسیله ازحمایت های مادی و معنوی آن دانشگاه قدردانی می گردد. بر خود لازم می دانیم که از حسن همکاری تمامی مالکین و شاغلین فروشگاه ها نیز قدردانی نماییم. هم چنین از زحمات سرکار خانم دکتر خدیجه محمدزاده و دکتر هما اکبرزاده کمال تشکر را داریم.

REFERENCES

1.Habil M, Massey DD, Taneja A. Personal and ambient PM2.5 exposure assessment in the city of Agra. Data in breif. 2016;6(1):495–502.

2. Mohammadyan M, Ashmore M, Shabankhani B. Indoor PM2.5 Concentrations in the Office, Café, and home. Int J Occup Hyg. 2010;2(2):57-62.

3. WHO. indoor air pollution health burden 2012 [Available from: http://www.who.int/heli/risks/indoorair/indoorair/en/.

4. Yu K-P, Yang KR, Chen YC, Gong JY, Chen YP, Shih H-C, et al. Indoor air pollution from gas cooking in five Taiwanese families. Building and Environment. 2015;93(2015):258-66.

6. Rivas I, Viana M, Moreno T, Pandolfi M, Amato F, Reche C, et al. Child exposure to indoor and outdoor air pollutants in schools in Barcelona, Spain. Environment International. 2014;69(2014):200-12.

7. Gennaro Gd, Dambruoso PR, Gilio AD, Palma VD, Marzocca A, Tutino M. Discontinuous and Continuous Indoor Air Quality Monitoring in Homes with Fireplaces or Wood Stoves as Heating System. international journal of environmental research and public health. 2016;78(13):1-9.

8. Buonanno G, Morawska L, Stabile L. Particle emission factors during cooking activities. Atmospheric Environment. 2009;43(2009):3235-42.

9. Feng S, Gao D, Liao F, Zhou F, Wang X. The health effects of ambient PM2.5 and potential mechanisms. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2016;128(2016):67-74.

8. Svendsen K, fJensen HN, Sivertsen I, Sjaastad AK. Exposure to cooking fumes in restaurant kitchens in Norway. Ann Occup Hyg. 2002;64(2002):395–400.

10. Riihimäki H, Kurp K, Karjalainen A. Occupational Diseases in Finland. In: Health FIoO, editor.: Helsinki; 2002.

11. Singh A, Nair KC, Kamal R, Bihari V, Gupta MK,

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

Mudiam MKR, et al. Assessing hazardous risks of indoor airborne polycyclic aromatic hydrocarbons in the kitchen and its association with lung functions and urinary PAH metabolites in kitchen workers. Clinica Chimica Acta. 2016;452(2016):204-13.

12. Buonanno G, Morawska L, Stabile L, Viola A. Exposure to particle number, surface area and PM concentrations in pizzerias. Atmospheric Environment. 2010;44(32):3963-9.
13. Lee SC, Li W-M, Chan LY. Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong. Science of the Total Environment. 2001;279(1):181-93.
14. Ghasemkhani M, Naseri F. Comparison of indoor air quality in restaurant kitchens in Tehran with ambient air quality. Journal of Environmental Health Science & Engineering. 2008;5(1):59-64.
15. Mohammadian M, Sojodi L, Etemadinejad S. Survey of Concentrations of PM2.5 Indoor and Outdoor of Shops in Sari City Centre. J Mazand Univ Med Sci. 2011;21(84):72-9.
16. Harati B, Shahtaheri SJ, Karimi A, Azam K, Ahmadi A, Rad MA, et al. Risk assessment of chemical pollutants in an automobile manufacturing. Health and Safety at Work. 2017; 7(2):121-31.
17. Dehghani F, Omidi F, Heravizadeh O, Barati Chamgordani S, Gharibi V, Sotoudeh Manesh A. Occupational health risk assessment of volatile organic compounds emitted from the coke production unit of a steel plant. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2018:1-6
18. Dehghani F, Golbabaei F, Abolfazl Zakerian S, Omidi F, Mansournia MA. Health risk assessment of exposure to volatile organic compounds (BTEX) in a painting unit of an automotive industry. Health and Safety at Work. 2018;8(1):55-64.
19. Hu Y, Bai Z, Zhang L, Wang X, Zhang L, Yu Q, et al. Health risk assessment for traffic policemen exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Tianjin, China. Science of the Total Environment. 2007;382(2-3):240-50.
20. Liu K, Shang Q, Wan C. Sources and Health Risks of Heavy Metals in PM2. 5 in a Campus in a Typical Suburb Area of Taiyuan, North China. Multidisciplinary Digital Publishing Institute; 2018.
21. Kim H, Kang K, Kim T. Measurement of particulate matter (PM2. 5) and health risk assessment of cooking-generated particles in the kitchen and living rooms of apartment houses. Sustainability. 2018;10(3):843.
22. HOSSEINI S, REZAZADEH-AZARI M, TAIEFEH-RAHIMIAN R, TAVAKKOL E. Occupational Risk Assessment of Benzene in Rubber Tire Manufacturing Workers. Int J Occup Hyg. 6(4):220-6.
23. Bello S, Muhammad B, Bature B. Total excess lifetime cancer ris k estimation from enhanced heavy metals concentrations resulting from tailing s in Katsina steel rolling mill, Nigeria. J Material Sci Eng. 2017;6(338):2169-0022.1000338.
24. EPA A. Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part A). EPA/540/1-89/002; 1989.
25. Monn C, Fuchs A, Högger D, Junker M, Kogelschatz D, Roth N, et al. Particulate matter less than 10 μm (PM10) and fine particles less than 2.5 μm (PM2. 5): relationships between indoor, outdoor and personal concentrations. Science of the Total Environment. 1997;208(1-2):15-21.
26. Jones N, Thornton C, Mark D, Harrison R. Indoor/outdoor relationships of particulate matter in domestic homes with roadside, urban

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

and rural locations. Atmospheric Environment. 2000;34(16):2603-12.

27. Ramachandran G, Adgate JL, Pratt GC, Sexton K. Characterizing indoor and outdoor 15 minute average PM 2.5 concentrations in urban neighborhoods. Aerosol Science & Technology. 2003;37(1):33-45.
28. Loffredo C, Tang Y, Momen M, Makambi K, Radwan G, Aboul-Foutoh A. PM2. 5 as a marker of exposure to tobacco smoke and other sources of particulate matter in Cairo, Egypt. The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease. 2016;20(3):417-22.
29. Khodarahmi F, Soleimani Z, Yousefzadeh S, Alavi N, Babaei AA, Mohammadi MJ, et al. Levels of PM10, PM2. 5 and PM1 and Impacts of Meteorological Factors on Particle Matter Concentrations in Dust Events and non Dusty Days. International Journal of Health Studies. 2016;1(3):page: 7-12.
30. Kwon J, Morandi MT, Turpin B. Source Proximity and Meteorological Effects on Residential Ambient Concentrations of PM 2.5, Organic Carbon, Elemental Carbon, and p-PAHs in Houston and Los Angeles, USA. 2016;25(10):1349-68.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]

Journal of Health and Safety at Work *Volume 9, Issue 2, Summer 2019*

Evaluation of cooking emitted particulate matter concentration and workers cancer risk assessment in the sari fast-food shops

Ismael Javadi[1], Jamshid Yazdani Charati[2], Mahmoud Mohammadyan[3,*]

[1] *Department of Occupational Health and Safety, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran*

[2] *Department of Biostatistics, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.*

[3] *Health Science Research Center, Addiction Institute, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.*

*Corresponding Author Email: *mohammadyan@yahoo.com*

Received: 23.07.2017, accepted: 29.09.2018

ABSTRACT

Introduction: One of the harmful pollutants in the indoor environments is particulate matters. Particles smaller than 2.5 micrometer in diameter that are suspend in the industrial environments air are the most deleterious dusts which can cause lung disease and cancer. In present study PM2.5 concentration in the fast-food shops air and its cancer risk for shop workers were assessed.

Material and Methods: In this descriptive-analytical study, all of Sari city 132 fast foods were included. Air sampling was conducted by calibrated real-time GRIMM-monitor device. Data were analyzed by using of SPSS16 and Prism6 software with T-test, Pearson correlation and descriptive statistics. Finally PM2.5 cancer risk in workers was calculated by EPA method equation.

Results: The $PM_{2.5}$ concentration in shops indoor air (308.5µg/m^3) significantly was higher than its concentration in outdoor air (121.98µg/m^3) ($p<0.05$). Highest correlation was observed between indoor $PM_{2.5}$ concentration with smoking (0.366) and local ventilation (-0.384) ($p<0.01$). The concentration $PM_{2.5}$ in the indoor and the outdoor of shops was 273.55 and 86.98µg/m^3 higher than acceptable level respectively. Cancer risk was 5.6 per 100 thousands and 1.97 per 10 thousands in the rest and cooking time respectively.

Conclusion: The most affective source in the elevation of $PM_{2.5}$ level in shops indoor air is the cook-emitted particles. $PM_{2.5}$ concentration in shops indoor and outdoor air was much higher than EPA admissible level and cancer risk for workers was unacceptable that it has required to basic solutions for air pollution control at source.

Keywords: *Air pollution, $PM_{2.5}$, Cancer, Risk Assessment, Fast-food shops*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Javadi I, Yazdani Charati J, Mohammadyan M. (2019). Evaluation of cooking emitted particulate matter concentration and workers cancer risk assessment in the sari fast-food shops. Journal of Health and Safety at Work, 9(2): 121-132.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Health and Safety at Work. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution. License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-02-14]