بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه علوم پزشکی
و خدمات بهداشتی درمانی اردبیل

دانشکده بهداشت

پایان نامه جهت دریافت مدرک کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی بهداشت محیط

بررسی ویژگی شیمیایی ذرات PM2.5 و PM0.25 موجود در هوای داخل قهوه خانه های شهر اردبیل: فلزات سنگین و هیدروکربن های آروماتیک چند هسته ای

نگارنده:

بهرام علی زاده مغانلو

اساتید راهنما:

دکتر مهدی فضل زاده

دکتر مرتضی عالیقدر

اساتید مشاور:

دکتر هادی صادقی

دکتر یوسف پورعشق

شماره پایان نامه: ۰۳۸

زمستان ۱۴۰۲

اظهارنامه اصالت پایان نامه

اینجانب بهرام علی زاده مغانلو، دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اردبیل، نویسنده پایان نامه " بررسی ویژگی شیمیایی ذرات PM2.5 و PM0.25 موجود در هوای داخل قهوه خانه های شهر اردبیل: فلزات سنگین و هیدروکربن های آروماتیک چند هسته ای" تحت راهنمایی آقای دکتر مهدی فضل زاده و آقای دکتر مرتضی عالیقدری، متعهد می شوم:

- تحقیقات دراین پایان نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است.

- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر، به مرجع مورد استفاده استناد کرده ام.

- مطالب مندرج در پایان نامه، تاکنون توسط خودم یا فرد دیگری، برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی، ارائه نگردیده است.

- در تمامی مراحل انجام این پایان نامه، اصل رازداری و اصول اخلاق پژوهشی را رعایت نموده ام.

امضاء

حق چاپ، نشر و مالکیت معنوی پایان‌نامه

۱) هر گونه کپی برداری به صورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت استاد راهنما مجاز می‌باشد.

۲) کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی اردبیل می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

۳) استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیم به

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که با تحمل سختی های فراوان، در هموار نمودن مسیر پیش رویم مجاهدانه کوشیدند.

تقدیم به همسر عزیزم که همواره در همه روزهای خوب و سخت، مشوق و همراهم بود.

تقدیر و تشکر

تقدیر و تشکر ویژه از استاد راهنمای عزیزم، آقای دکتر مهدی فضل زاده، که در تمامی مراحل، از نگارش پروپوزال تا نگارش پایان نامه، راهنمایی های ارزشمندشان را از من دریغ نکردند.

تقدیر و تشکر از استاد راهنمای گرانقدرم، آقای دکتر مرتضی عالیقدری، که از راهنمایی های ارزشمندشان بهره‌مند شدم.

تقدیر و تشکر از اساتید مشاورم، آقایان دکتر صادقی و دکتر پورعشق که از مشاوره های ارزشمندشان استفاده نمودم.

تقدیر و تشکر از اساتید ارزشمندم آقایان دکتر وثوقی و دکتر صدیق، که همواره از محضرشان علم، اخلاق و ادب تحصیل نموده ام.

تقدیر و تشکر از کارشناس محترم آزمایشگاه آلودگی هوا، خانم مهندس نصیروند، که در آزمایشگاه از همکاری و راهنمایی هایشان بهره مند شدم.

چکیده فارسی

بررسی ویژگی شیمیایی ذرات PM2.5 و PM0.25 موجود در هوای داخل قهوه خانه های شهر اردبیل: فلزات سنگین و هیدروکربن های آروماتیک چند هسته ای

مقدمه:

مرگ و میر ناشی از مصرف قلیان، به دلیل سمیت آن، سالانه حدود ۶ میلیون نفر تخمین زده شده است و پیش بینی می شود این تعداد تا سال ۲۰۳۰ از ۸ میلیون نفر در سال فراتر رود. مطالعات قبلی انجام شده بر روی این موضوع، ترکیبات بسیار زیادی را در دود قلیان شناسایی کرده اند که از این ترکیبات می توان به هیدروکربن های آروماتیک چند هسته ای (PAH)، آلدئیدها، مواد آلی فرار، نیکوتین، مونوکسید کربن، گروه های فنلی، ذرات معلق، فلزات سنگین و .... اشاره کرد که این ترکیبات علاوه بر اثرات سمیت و سرطانزایی برای انسان می توانند باعث ایجاد بیماری ها و نارسایی های مختلف در انسان شوند. یکی از این آلاینده های خطرناک فلزات سنگین می باشند. فلزات سنگین از آلاینده های خطرناک هوا هستند که اثرات فیزیولوژیک زیادی بر انسان داشته و به علت تجمع پذیری در بافت های مختلف بدن انسان باعث اختلال در سیستم های بدن می گردد. مطالعات مختلف نشان داده است که دود تنباکو حاوی مقادیر قابل توجهی از فلزات سنگین مانند سرب، کادمیم، نیکل و آرسنیک است.

روش کار

این مطالعه توصیفی مقطعی در هوای داخل قهوه خانه های شهر اردبیل، در فصل پاییز سال ۱۴۰۲ انجام گرفت. تعداد ۲۰ قهوه خانه به صورت تصادفی، جهت نمونه برداری انتخاب گردید. قبل از انجام نمونه برداری، ابتدا پمپ نمونه برداری توسط کالیبراتور دیجیتال کالیبره می شد تا میزان جریان ۹ لیتر در دقیقه را به ما بدهد. برای نمونه برداری از ذرات PM 2.5 و PM 0.25 موجود در هوای داخل قهوه خانه ها از cascade impactor ۵ مرحله ای استفاده شد. نوع فیلتر بکار رفته در کاسکد ایمپکتور برای نمونه برداری ذرات PM2.5 از نوع PTFE ۳۷ میلی متر و قطر منافذ ۱ میکرومتر و برای ذرات PM0.25 از نوع PTFE ۲۵ میلیمتر و قطر منافذ ۰/۲میکرومتر بودند. به منظور تعیین غلظت جرمی ذرات PM2.5 و PM0.25 موجود در هوای داخل قهوه خانه ها، ابتدا فیلترهای PTFE تمیز در آزمایشگاه در دمای ۲۴-۲۲ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۴۵-۴۰ درصد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند سپس هر فیلتر برای ۵ بار قبل از نمونه برداری با ترازوی دیجیتالی با دقت ۴ صفر توزین و میانگین وزن آنها ثبت شد و فیلترهای وزن شده، برچسب گذاری گردیده و در داخل پتری دیش ها قرار داده شدند، جهت نمونه برداری فیلترها در استیج

مربوطه قرار می گرفتند، مدت زمان نمونه برداری از هوای داخل قهوه خانه ها ۸ ساعت (۱۵ عصر تا ۲۳ شب) بود و پمپ نمونه برداری در ارتفاع ۱/۵-۱ متری (ارتفاع تنفسی افراد نشسته) قرار می گرفت، بعد از نمونه برداری فیلترها سریعا به آزمایشگاه منتقل می شدند، فیلتر نمونه برداری شده جهت تعیین PAHs و فلزات فاز جامد به ترتیب توسط دستگاه‌های GC/MS، ICP مورد آنالیز قرارگرفت.

نتایج

مطابق نتایج آنالیزها غلظت های جرمی PM2.5 و PM0.25 در هوای قهوه خانه های عرضه کنده قلیان میوه ای به ترتیب ۷۷/۳۳ ± ۲۳۲/۶۶ و ۴/۴۰ ± ۱۷/۷۵ میکروگرم بر متر مکعب و در قهوه خانه های عرضه کننده قلیان خانسار به ترتیب ۴۴/۴۰ ± ۱۲۴/۵۵ و ۳/۱۹ ± ۹/۹۹ میکروگرم بر متر مکعب به دست آمد و نتایج حاکی از انتشار غلظت بالایی از ذرات در هوای قهوه خانه های با قلیان میوه ای نسبت به هوای قهوه خانه های با قلیان خانسار می باشد.

میانگین غلظت ذرات PM2.5 حاصل از این مطالعه در مورد هوای داخلی قهوه خانه های قلیان میوه ای ۷۷/۳۳ ± ۶۶/ ۲۳۲ میکروگرم بر متر مکعب و در خصوص هوای داخل قهوه خانه های قلیان خانسار ۴۴/۴۰ ± ۱۲۴/۵۵ میکروگرم بر متر مکعب به دست آمد که از استاندارد EPA (۳۵ میکروگرم بر متر مکعب، میانگین ۲۴ ساعته) و رهنمود WHO (۱۵میکروگرم بر متر مکعب، میانگین ۲۴ ساعته) بالاتر است.

به ترتیب، تهویه تلفیقی، تهویه مکانیکی و تهویه طبیعی، بیشترین تاثیر را بر غلظت جرمی ذرات معلق دارند. در مورد نوع قلیان هم، قهوه خانه های قلیان خانسار نسبت قهوه خانه های قلیان میوه ای ذرات کمتری تولید می کنند.

یک ارتباط مثبت بسیار قوی بین تعداد قلیان روشن و غلظت های ذرات ($p<0.001, R2=0.96$، PM0.25)و (PM2.5, $p<0.001$, R2=0.97) وجود دارد. این آنالیز نشان می دهد که قلیان کشیدن مهم ترین منبع انتشار ذرات PM0.25 و PM2.5 در هوای داخل قهوه خانه ها می باشد. نتایج بدست آمده در این مطالعه با نتایج گزارش شده در مطالعه Gurangetal و همکاران و مطالعه Fazlzadeh و همکاران که ارتباط خطی بین غلظت ذرات PM2.5 و تعدا قلیان های روشن بدست آوردند مطابقت می کند. هم چنین نتایج این مطالعه با نتایج گزارش شده بوسیله Shihadeh و همکاران که ارتباط خطی بین جرم تنباکوی مصرفی در طی قلیان کشیدن و جرم کل ذرات اندازه گیری شده را نشان دادند هم خوانی دارد.

هیدروکربن های آروماتیک با وزن مولکولی پایین، حدود ۶۵ درصد از انتشارات PAHs موجود در ذرات PM0.25 را به خود اختصاص دادند، این PAHs شامل هیدروکربن های آروماتیک دو حلقه ای مانند نفتالین و هیدروکربن های سه حلقه ای می باشند، بعد از آنها PAHs با وزن مولکولی متوسط، شامل۴ حلقه ای ها می باشد که مسئول حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد کل انتشارات PAHs توسط انواع قلیان ها در این مطالعه

می باشند و در نهایت PAHs با وزن مولکولی بالا شامل ۵ و ۶ حلقه ای ها بوده و کمترین سهم از انتشارات کل PAHs را در مطالعه ما داشتند. قلیان های خانسار در انتشار PAHs با وزن مولکولی بالا سهم بیشتری نسبت به قلیان های میوه ای داشتند ولی در انتشار PAHs با وزن مولکولی متوسط، قلیان های میوه ای سهم بیشتری ایفا کردند اما در تولید PAHs با وزن مولکولی بالا، عملکرد تقریبا مشابهی داشتند.

درصد وزنی PAH ها، در ذرات PM0.25 بیشتر از میزان آن در ذرات PM2.5 می باشد، و قلیان های میوه ای نسبت به قلیان های خانسار سهم بیشتری در تولید PAHs بر عهده دارند. همچنین درصد وزنی PAH های سرطانزا در ذرات PM0.25 بیشتر از مقدار آن در ذرات PM2.5 می باشد.

برای PM2.5 غلظت معادل PAHs بر مبنای بنزوآ پایرن به ترتیب برای قهوه خانه های قلیان های خانسار و میوه ای به ترتیب برابر با ۲۹.۱۷۹۹۵ و ۲۹۷.۱۹۶۹ نانوگرم بر متر مکعب به دست آمد که غلظت های اندازه گیری شده از توصیه سازمان جهانی بهداشت (۱ نانوگرم بر متر مکعب) بسیار بالاتر می باشد، همچنین غلظت میانگین به دست آمده برای قلیان میوه ای از حد توصیه شده NIOSH (۱۰۰ نانوگرم به ازای ده ساعت کاری) بیشتر می باشد و غلظت های معادل به دست آمده برای ذرات PM0.25 در مورد قهوه خانه های با قلیان های خانسار ۴۸/۶۸۷۳۲ و ۹۰/۹۱۴۰۴ نانوگرم بر متر مکعب به دست آمد که از حد توصیه شده WHO، که ۱ نانوگرم بر متر مکعب در سال می باشد بسیار بالاتر هستند و از توصیه NIOSH (۱۰۰ نانوگرم به ازای ده ساعت کاری) پایین تر می باشند. مطابق نتایج مشاهده می شود که سهم قلیان های میوه ای در تولید PAHs بالاتر از قلیان های خانسار می باشد.

در بین فلزات سرطانزای گروه ۱، غلظت اندازه گیری شده برای فلز کادمیوم هم برای PM2.5 و هم برای PM0.25 از حد قابل قبول ۸ ساعته OSHA (0.005 میکروگرم بر متر مکعب) بالاتر بود،

سهم فلزات در ذرات PM0.25 بالاتر از سهم فلزات در ذرات PM2.5 می باشد یعنی با کاهش سایز ذره، درصد فلزات نسبت به کل محتوای ذره افزایش می یابد، همچنین درصد فلزات سرطانزا نسبت به کل فلزات در ذرات PM0.25 بالاتر از درصد آن در فلزات ذرات PM2.5 می باشد، همچنین در مقایسه قلیان ها، مطابق جدول فوق، علیرغم اینکه درصد فلزات نسبت به کل محتوای ذره، در قلیان های میوه ای از درصد مذکور در قلیان های خانسار بیشتر می باشد اما درصد فلزات سرطانزا نسبت کل محتوای ذره و همچنین درصد فلزات سرطانزا نسبت به کل فلزات موجود در ذرات، برای قلیان های خانسار بالاتر از قلیان های میوه ای می باشد.

کلمات کلیدی: هوا، آلودگی هوا، قلیان، قهوه خانه، هیدروکربن های پلی آروماتیک، فلزات سنگین، ذرات معلق هوا، PM0.25، PM2.5 و PAH

فهرست مطالب:

عنوان ..... صفحه

فصل اول: ۱

کلیات ۱

۱-۱. مقدمه ۲

۱-۱-۱. تعریف آلودگی هوا: ۳

۱-۱-۲. طبقه بندی آلاینده های هوا: ۳

۱-۱-۳. آلودگی هوای داخلی : ۴

۱-۱-۳-۱. اهمیت بررسی هوای داخلی ۵

۱-۱-۴. مقدمه ای بر کیفیت هوای داخلی قهوه خانه ها: ۶

۱-۱-۵. بررسی ویژگی های شیمیایی دود قلیان: ۶

۱-۱-۶. مقدمه ای بر ذرات معلق هوا: ۷

۱-۱-۶. اجزای شیمیایی ذرات معلق هوا ۱۰

۱-۱-۶-۱. فلزات ۱۱

۱-۱-۶-۲. هیدروکربن های پلی آروماتیک ۱۳

۱-۱-۶-۲-۳. راههای مواجهه انسان با PAHs ۱۷

۱-۱-۷. ضرورت انجام مطالعه حاضر ۱۹

۱-۱-۸. اهداف مطالعه ۲۱

۱-۱-۸-۱. هدف کلی ۲۱

۱-۱-۸-۲. اهداف اختصاصی ۲۱

۱-۱-۸-۳. اهداف کاربردی ۲۱

۱-۱-۹. بررسی متون ۲۲

فصل دوم ۲۵

مواد و روش ها ۲۵
۲-۱. نوع مطالعه ۲۶
۲-۲-۱. موقعیت جغرافیایی استان اردبیل ۲۶
۲-۲-۲. موقعیت جغرافیایی شهر اردبیل ۲۷
۲-۲-۳. جغرافیای طبیعی شهر اردبیل ۲۷
۲-۲-۴. جغرافیای جمعیتی شهر اردبیل ۲۸
۲-۲-۵. جاذبه های توریستی..... ۲۸
۲-۳. تجهیزات مورد استفاده ۳۱
۲-۴. تعیین مشخصه‌های شیمیایی ذرات PM2.5 و PM0.25 ..... ۳۷
۲-۵. آمادسازی فیلترهای PTFE ۳۷
۲-۶. نمونه برداری ذرات معلق هوا: ۳۷
۲-۷. استخراج و آنالیز فلزات موجود در ذرات $PM_{2.5}$ و $PM_{0.}$ ۴۱
۲-۸. استخراج و آنالیز هیدروکربن‌های آرماتیک چندحلقه‌ای ۴۱
۲-۹. محاسبه حجم نمونه ۴۳
۲-۱۰. آنالیز آماری ۴۳
فصل سوم..... ۴۴
یافته ها ۴۴
۳-۱. یافته های مرتبط با ذرات PM2.5 و PM0.25..... ۴۵
۳-۲. یافته های مطالعه در مورد PAHs ۵۵
۳-۳. غلظت ذرات بر مبنای تعداد قلیان روشن ۶۸
۳-۴. غلظت ذرات بر مبنای نوع تهویه و نوع قلیان ۷۰

۴. بحث و نتیجه گیری..... ۷۳
۴-۱. غلظت ذرات PM2.5 و PM0.25 بر حسب نوع قلیان ۷۳

۴-۲. ارتباط بین غلظت ذرات و نوع تهویه بر حسب نوع قلیان ۷۴
۴-۳. ارتباط بین تعداد قلیان روشن و غلظت ذرات PM2.5 و PM0.25 ..... ۷۴
۴-۴. هیدروکربن های پلی آروماتیک و بررسی نتایج انتشار آنها ۷۶
۴-۴-۱. غلظت جرمی PAHs منتشره برای ذرات PM0.25 , PM2.5 برحسب وزن مولکولی و تعداد حلقه های موجود در ترکیب :..... ۷۶
۴-۴-۲. بررسی هیدروکربن های پلی آروماتیک سرطانزا..... ۷۸
۴-۴-۳. بررسی غلظت معادل جرمی PAHs بر مبنای بنزو (آ) پیرن ۷۸
۴-۵. نتایج ارزیابی فلزات سنگین موجود در ذرات PM 0.25 و PM2.5 ..... ۷۹
۴-۵-۱. نتایج پژوهش در خصوص فلزات سرطانزا ۸۳
۴-۶. پیشنهادات ۸۴
منابع ۸۵

فهرست جدول ها:

عنوان ..... صفحه

جدول ۱-۱: آلاینده های رایج هوای داخل ساختمان و اثرات آنها بر سلامت انسان ۵

جدول ۱- ۲. مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی PAHs (۹۳ و ۹۴) ۱۵

جدول ۱- ۳. سهم اجزای PAH در فاز ذره‌ای هوا (۱۱۱) ۱۷

جدول ۲-۱. متغیرهای مطالعه ۲۶

جدول ۲-۲. زمانبندی و مراحل اجراء ۲۶

جدول ۳-۱: شاخص های آماری میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر برای غلظت های جرمی ذرات PM0.25 و PM2.5 بر حسب نوع قلیان ۴۶

جدول ۳-۲. غلظت فلزات سنگین در ذرات PM2.5 نمونه برداری شده بر حسب میکروگرم بر مترمکعب بر حسب نوع قلیان ۴۹

جدول ۳-۳. غلظت فلزات سنگین در ذرات PM0.25 نمونه برداری شده بر حسب میکروگرم بر مترمکعب بر حسب نوع قلیان ۵۰

جدول شماره ۳-۴. شاخص های آماری مرتبط با غلظت هیدروکربن های پلی آروماتیک ۱۶ گانه، در ذرات PM2.5 موجود در هوای قهوه خانه های قلیان خانسار (نانوگرم بر متر مکعب) ۵۸

جدول شماره ۳-۵. شاخص های آماری مرتبط با غلظت هیدروکربن های پلی آروماتیک ۱۶ گانه، در ذرات PM2.5 موجود در هوای قهوه خانه های قلیان میوه ای (نانوگرم بر متر مکعب) ۵۹

جدول شماره ۳-۶. شاخص های آماری مرتبط با غلظت هیدروکربن های پلی آروماتیک ۱۶ گانه، در ذرات PM2.5 موجود در هوای کل قهوه خانه ها (نانوگرم بر متر مکعب) ۶۰

جدول شماره ۳-۷. شاخص های آماری مرتبط با غلظت هیدروکربن های پلی آروماتیک۱۶ گانه، در ذرات PM2.5 موجود در هوای قهوه خانه ها (نانوگرم بر متر مکعب) ۶۱

جدول شماره ۳-۸. شاخص های آماری مرتبط با غلظت هیدروکربن های پلی آروماتیک ۱۶ گانه ذرات PM0.25 موجود در هوای قهوه خانه های قلیان خانسار (نانوگرم بر متر مکعب) ۶۲

جدول شماره ۳-۸. شاخص های آماری مرتبط با غلظت هیدروکربن های پلی آروماتیک۱۶ گانه، در ذرات PM0.25 موجود در هوای قهوه خانه های قلیان میوه ای (نانوگرم بر متر مکعب) ۶۳

جدول شماره ۳-۹. شاخص های آماری مرتبط با غلظت هیدروکربن های پلی آروماتیک ۱۶ ..... ۶۴
گانه، در ذرات PM0.25 موجود در هوای کل قهوه خانه ها (نانوگرم بر متر مکعب) ۶۴
جدول شماره ۳-۱۰. شاخص های آماری مرتبط با غلظت هیدروکربن های پلی آروماتیک۱۶ گانه، در ذرات PM0.25 موجود در هوای قهوه خانه ها (نانوگرم بر متر مکعب) ۶۵
جدول شماره ۳-۱۱. غلظت معادل BaP برای هر یک از PAHs در ذرات PM2.5 موجود در هوای داخل قهوه خانه ها به تفکیک نوع قلیان (نانوگرم بر متر مکعب) ۶۶
جدول شماره ۳-۱۲. غلظت معادل BaP برای هر یک از PAHs در ذرات PM0.25 موجود در ۶۷
هوای داخل قهوه خانه ها به تفکیک نوع قلیان (نانوگرم بر متر مکعب) ۶۷
جدول ۳-۱۳. میانگین غلظت ذرات $PM_{0.25}$ و $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) بر حسب تعداد قلیان روشن ۶۸
جدول شماره ۳-۸: میانگین غلظت ذرات $PM_{0.25}$ و $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) بر حسب نوع تهویه در قهوه خانه های با قلیان خانسار و میوه ای ۷۱
جدول ۴-۱. شاخص های آماری مرتبط با غلظت ذرات PM2.5 و PM0.25 بر حسب نوع قلیان (میکروگرم بر متر مکعب) ۷۳
جدول شماره ۴-۲. درصد وزنی PAHs در ذرات، درصد وزنی PAHs سرطانزا در ذرات و درصد وزنی PAHs سرطانزا نسبت به کل PAHs بر حسب نوع قلیان و اندازه ذرات ۷۸
جدول ۴-۴. میانگین غلظت فلزات در ذرات PM0.25 موجود در هوای داخل قهوه خانه ها بر حسب نوع قلیان (میکرو گرم بر متر مکعب) ۸۰
جدول ۴-۵. ترتیب کمی فلزات سنگین موجود در ذرات PM2.5 (بر حسب میکروگرم بر متر مکعب) ۸۱
جدول ۴-۶. ترتیب کمی فلزات سنگین موجود در ذرات PM0.25 (بر حسب میکروگرم بر متر مکعب) .. ۸۲
جدول ۴-۷. نسبت فلزات به کل ذره، نسبت فلزات سرطانزا به کل ذره، نسبت فلزات سرطانزا به کل فلزات بر حسب نوع قلیان و سایز ذره ۸۳

فهرست شکل ها:

عنوان ..... صفحه

شکل ۱-۱: اجزای تشکیل دهنده قلیان (۶۳) ۷

شکل ۱-۲: گستره اندازه ذرات تشکیل شده توسط مکانسیم‌های مختلف تولید ذرات معلق هوا (۷۰) ۹

شکل ۱-۳: مقایسه ترسیب ذرات معلق هوا در ناحیه ریوی از طریق تنفس دهانی و بینی (۸) ۹

شکل ۱-۴: اثرات بهداشتی فلزات سنگین ناشی از استعمال قلیان (۴۴) ۲۰

شکل ۲-۱. موقعیت جغرافیایی شهر اردبیل ۲۷

شکل ۲-۲. ورزشگاه پهلوان رضازاده، مرکز شهر اردبیل ۲۸

شکل ۲-۳. نقشه ژئوگرافیک شهر اردبیل ۲۹

شکل ۲-۴. بقعه شیخ صفی الدین اردبیلی ۲۹

شکل ۲-۵. دریاچه بالیقلی چای که از وسط شهر اردبیل می گذرد. ۳۰

شکل ۲-۵. قله کوه سبلان ۳۰

شکل ۲-۶. پمپ ZEFON جهت نمونه برداری هوا، ساخت کشور آمریکا ۳۱

شکل ۲-۷. کسکد ایمپکتور (SIOUTAS FIVE-STAGE CASCADE IMPACTOR) ۳۲

شکل ۲-۸. اجزای تشکیل دهنده کسکد ایمپکتور سیتواس ۵ مرحله ای ۳۳

شکل ۲-۹. کالیبراتور جریان عبوری از پمپ هوا (BIOS DEFENDER 510) ۳۳

شکل ۲-۶: فیلترهای PTFE (۳۷ و ۲۵) میلی متری ۳۴

شکل ۲-۷: ترازوی دیجیتالی hr 160i با دقت ۰/۰۰۰۱ ..... ۳۵

شکل ۲-۸. دماسنج و رطوبت سنج کیمو ساخت کشور فرانسه ۳۶

شکل ۲-۹. دستگاه GC-MS، نوع AGILENT ۳۶

شکل ۲- ۸: تصویراستیج های مورد استفاده در کسکد ایمپکتور، بعد از نمونه برداری ۳۸

شکل ۲-۹. قهوه خانه ای واقع در طبقه زیرزمین ۳۸

شکل ۲-۱۱. سنجش دما و رطوبت نسبی ۳۹

شکل ۲-۱۲. شیوع نگران کننده مصرف قلیان در شهر اردبیل، به روایت تصویر ۴۰

شکل ۲-۱۳: تصویری از نمای بیرونی جذاب یک قهوه خانه در ساعات انتهایی روز ۴۰
شکل ۲-۱۴. مراحل استخراج هیدروکربن های پلی آروماتیک ۴۲
شکل ۳-۱. نمودار جعبه ای غلظت جرمی PM2.5 و PM0.25 در قهوه خانه های شهر اردبیل بر حسب نوع قلیان ۴۵
شکل ۳-۲: نمودار جعبه ای غلظت جرمی PM2.5 در قهوه خانه های شهر اردبیل بر حسب نوع قلیان ... ۴۵
شکل ۳-۳: نمودار جعبه ای غلظت جرمی PM 0.25 در قهوه خانه های شهر اردبیل بر حسب نوع قلیان ۴۶
شکل۳-۴. نمودار میله ای غلظت جرمی ذرات PM2.5 به تفکیک قهوه خانه ها و نوع قلیان ۴۷
شکل ۳-۵. نمودار میله ای میانگین غلظت جرمی ذرات PM0.25 به تفکیک قهوه خانه ها بر حسب نوع قلیان ۴۸
شکل ۳-۶. نمودار جعبه ای غلظت فلزات سنگین موجود در ذرات PM2.5 بر حسب نوع قلیان ۵۱
شکل ۳-۷. مقایسه غلظت فلزات سنگین با بیشترین سهم انتشار در ذرات PM2.5 بر حسب نوع قلیان .. ۵۱
شکل ۳-۸. نمودار جعبه ای غلظت فلزات سنگین موجود در ذرات PM0.25 بر حسب نوع قلیان ۵۲
شکل ۳-۹. مقایسه غلظت فلزات سنگین با بیشترین سهم انتشار در ذرات PM0.25 بر حسب نوع قلیان ۵۲
شکل ۳-۱۰. نمودار سهم بندی نوع قلیان در انتشار کلی فلزات سنگین موجود در ذرات PM2.5 هوای داخل قهوه خانه های شهر اردبیل ۵۳
شکل ۳-۱۱. نمودار بررسی سهم هر یک از قلیان ها در انتشار هر یک از فلزات سنگین موجود در ذرات PM2.5 ..... ۵۳
شکل ۳-۱۲. نمودار سهم بندی نوع قلیان در انتشار کلی فلزات سنگین موجود در ذرات PM0.25 هوای داخل قهوه خانه های شهر اردبیل ۵۴
شکل ۳-۱۳. نمودار بررسی سهم هر یک از قلیان ها در انتشار هر یک از فلزات سنگین موجود در ذرات PM0.25 ..... ۵۴
شکل۳-۱۴. درصد توزیع PAH ها بر اساس وزن مولکولی آنها برای ذرات PM0.25..... ۵۵
شکل ۳-۱۵. درصد توزیع PAH ها بر اساس وزن مولکولی آنها برای ذرات PM2.5..... ۵۶
شکل ۳-۱۲. درصد توزیع PAH ها بر اساس تعداد حلقه های آنها برای ذرات (a) PM0.25 و PM2.5 (b) ۵۷

شکل شماره ۳-۱۳. نمودار آنالیز رگرسیون خطی بین غلظت های ذرات $PM_{0.25}$ و $PM_{2.5}$ و تعداد قلیان روشن برای قهوه خانه های با قلیان میوه ای (a)، قلیان خانسار (b) و مجموع (c) ۷۰

شکل ۳-۱۴. نمودار غلظت ذرات $PM_{0.25}$ و $PM_{2.5}$ بر حسب نوع تهویه در قهوه خانه های با قلیان میوه ای و خانسار ۷۰

شکل ۳-۱۴. نمودار غلظت ذرات $PM_{0.25}$ و $PM_{2.5}$ بر حسب نوع تهویه در قهوه خانه های با قلیان میوه ای و خانسار ۷۱

شکل ۴-۱. نمودار غلظت ذرات $PM_{0.25}$ و $PM_{2.5}$ بر حسب نوع تهویه در قهوه خانه های با قلیان میوه ای و خانسار ۷۴

شکل ۴-۳. نمودار درصد توزیع PAH ها بر اساس وزن مولکولی آنها برای ذرات (a) PM0.25 و PM2.5 (b) ۷۷