بررسی ارتباط پتانسیل رشد میکروارگانیسم‌های هوا با غلظت ذرات معلق و شرایط محیطی در هوای محدوده بیمارستان دکتر شریعتی تهران

مهندس مجید کرمانی[۱]، دکتر کاظم ندافی[۲]

۱- دانشجوی Ph.D. بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

۲- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

اهمیت استنشاق هوای پاک و توجه به آنچه از طریق تنفس وارد بدن خود می‌کنیم روز به روز نمود بارزتری پیدا می‌کند. از طرفی وضعیت بحرانی آلودگی هوا تهران بر کسی پوشیده نیست و با توجه به اینکه ذرات معلق به عنوان یکی از آلاینده‌های اصلی شهر تهران به شمار می‌رود، در این پروژه تلاش شد تا ارتباط بین غلظت ذرات معلق موجود در هوا (PM_{10} , TSP) و شرایط محیطی اعم از رطوبت نسبی، درجه حرارت و ایام هفته با پتانسیل رشد میکروارگانیسمهای هوا (CFU/m^3) مورد بررسی قرار گیرد

این پروژه از مورخ ۸۰/۱۰/۱ لغایت ۸۱/۱/۳۱ در محدوده بیمارستان دکتر شریعتی تهران انجام شد. با توجه به محاسبات آماری و استانداردهای موجود(EPA)، تعداد ۶۱ نمونه برای TSP ، ۶۱ نمونه برای PM_{10} و ۶۱ نمونه برای شمارش تعداد کلنی تشکیل شده در هر متر مکعب هوا برداشت شد.

نتایج بدست آمده حاکی از آن است که : در طول دوره نمونه‌گیری آلوده ترین ماه به TSP و PM_{10}، اسفندماه ۱۳۸۰ و آلوده‌ترین ماه از لحاظ تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا مربوطه به بهمن ماه ۱۳۸۰ می‌باشد. همچنین میانگین تعداد کلنی تشکیل شده در روزهای هفته و در طول دوره نمونه گیری، از شنبه تا چهارشنبه یک سیر نزولی داشته و مجدداً در روز پنجشنبه افزایش می‌یابد و نتایج حاصله نشان دهنده یک اختلاف نسبتاً معنی‌داری بین میانگین تعداد کلنی تشکیل شده در روز جمعه با سایر ایام هفته می‌باشد. ارتباطات بین غلظت TSP ($\mu g/m^3$) با تعداد کلنی تشکیل شده در هر متر مکعب هوا (CFU/m^3) با $r = ۰/۹۴$ و همچنین ارتباط بین غلظت PM_{10} ($\mu g/m^3$) با تعداد کلنی تشکیل شده در هر متر مکعب هوا (CFU/m^3) با $r = ۰/۸۵$ از لحاظ آماری معنی‌دار بود. همچنین نتایج حاصله حاکی از آن است که در فصل زمستان، در شرایطی که رطوبت نسبی هوا کمتر از ۵۰ درصد و دمای هوا بین ۱۰-۶ درجه سانتیگراد و یا رطوبت هوا بین ۷۰-۶۱ درصد و دمای هوا بین ۳-۰ درجه سانتیگراد باشد، به خصوص در روزهای شنبه و پنجشنبه تعداد کلنی‌تشکیل شده در بیشترین حد خواهد بود، بویژه اگر این شرایط با پدیده وارونگی هم همراه باشد.

کلمات کلیدی : آلودگی هوا، تهران، ذرات معلق (TSP و PM_{10}) ، میکروبیولوژی هوا

مقدمه

توسعه روزافزون جوامع شهری و افزایش فعالیتهای اقتصادی و صنعتی در عصر حاضر بدون توجه به ارزیابی اثرات این فعالیت‌ها بر سلامت انسان به عنوان محور توسعه، آلودگی هوای شهرها و مخاطرات ناشی از انتشار آلاینده‌های مختلف را موجب گردیده است. امروزه در تهران و بسیاری از شهرهای بزرگ و صنعتی دنیا و به خصوص در کشورهای در حال توسعه، آلاینده‌های مختلف از طریق وسایل نقلیه موتوری، صنایع، منابع تجاری و

خانگی در هوا تخلیه می‌شود که غلظت بسیاری از این آلاینده‌ها در ساعات مختلف شبانه روز در تهران بالاتر از حد استاندارد می‌باشد. تحقیقات انجام شده در مورد اثرات آلاینده‌های هوای تهران بر سلامت ، نشان دهنده میزان افزایش حملات قلبی و تنفسی در ساعاتی است که غلظت این آلاینده‌ها در هوا بالا می‌رود و میزان مراجعات به مراکز اورژانس در این مواقع به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. بررسی اپیدمیولوژیک انجام شده نشان دهنده افزایش قابل توجه بیماریهای تنفسی از جمله آسم نزد کودکان ۶ تا ۷ ساله و ۱۳ تا ۱۴ ساله شهر تهران می‌باشد [۱۰]. شهر تهران بدلیل موقعیت توپوگرافی و اقلیمی و استقرار هزاران آلوده کننده، مصرف میلیونها لیتر انواع سوختهای فسیلی در منابع مختلف، تردد در حدود یک میلیون وسیله نقلیه موتوری و نیز در حدود چهار صد هزار انواع موتور سیکلت، کمبود پارامترهای تهویه کننده و پالایش دهنده، سبب شده این شهر به یکی از شهرهای آلوده دنیا تبدیل شود [۳]. آلاینده‌های اصلی هوای تهران عبارتند از:

- منواکسید کربن
- ذرات معلق[۱]
- دی اکسیدگوگرد
- اکسیدهای نیتروژن
- هیدروکربنها
- ازن

از این بین منواکسید کربن و ذرات معلق مسئول عمده آلودگی هوای تهران بوده و حتی در بعضی از ساعات شبانه روز به ۲ برابر حد استاندارد می‌رسند [۲].

از گذشته‌های دور نقش هوا در انتقال عفونت شناخته شده است و همواره آن را به عنوان یکی از روشهای انتقال بیماریها می‌شناخته‌اند. اتمسفر حاوی تعداد کثیری از میکروبها است و همیشه خطر انتشار آلودگی از طریق میکروارگانیسمهای هوا وجود دارد، مثل، آنفلوآنزا و سرماخوردگی [۶]. تحقیقات زیادی نشان داده است که باکتریهای مستقر بر روی ذرات معلق شباهت زیادی به باکتریهای مجاری تنفسی انسانها دارد. این ذرات معلق می‌توانند محل مناسبی برای استقرار عوامل بیماریزا به ویژه باکتریها بشوند و همراه با تنفس وارد مجاری تنفسی افراد گردند و بدین وسیله آلاینده‌های هوا به راحتی تا اعماق برونشهای ریه نفوذ می‌کنند[۵]. بیشتر مطالعات انجام شده در سایر کشورها نیز شرایط مشابهی را اعلام کرده‌اند و اغلب کسانی که به بیمارستانها مراجعه کرده بودند، سالمندان و کودکان بودند. مطمئناً در تهران نیز در روزهای که غلظت آلاینده‌های هوا زیاد است، اگر تعداد پذیرش بیماران در اورژانس بیمارستانها در همان روز و فردای آن روز بررسی شود، به آمار معنی‌داری از افزایش پذیرشها و مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا دست می‌یابیم. زیرا با افزایش ذرات بیولوژیک هوا، فلورمیکروبی گلو و بینی و مجاری تنفسی فوقانی افراد تغییر می‌کند و در نتیجه افراد مستعد پذیرش بیماریها می‌شوند[۴].

با توجه به مقدمه فوق و اهمیت آلودگی هوا و عواقب ناشی از آن به خصوص در شهری مثل تهران در این مقاله سعی شده است ارتباط بین پتانسیل رشد میکروارگانیسمهای هوا (CFU/m^3)[۲] و غلظت ذرات معلق (PM_{10} , TSP) مورد بررسی قرار گیرد. همچنین از آنجا که تغییرات شرایط محیطی از قبیل رطوبت هوا، دمای هوا، ایام هفته و سایر شرایط محیطی بر میزان وجود آلاینده‌ها تأثیر دارد و منجر به ایجاد شرایط بحرانی و تهدید کننده سلامت خواهند شد، در این مقاله ارتباط بین‌شرایط محیطی (رطوبت نسبی، دمای هوا و ایام هفته) با پتانسیل رشد میکروارگانیسمهای هوا نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

۱ - Suspended Particulate Matter
۲ - Colony Forming Unit Per Cubic Meter

مواد و روشها

این تحقیق در منطقه‌ای از شهر تهران و در محدوده بیمارستان دکتر شریعتی تهران ، در نزدیکی بزرگراههای جلال آل احمد و دکتر چمران در زمستان سال ۱۳۸۰ و فروردین ماه ۱۳۸۱ انجام شد. علت واساس انتخاب این محل به عنوان ایستگاه نمونه‌برداری، استقرار آن در بخش مرکزی شهر و تراکم بالای رفت و آمد مردم و ترافیک شهری بود. به طوری که به دلیل حضور پل گیشا و ترافیک ساعتهای مختلف روز، میزان‌آلودگی هوای این منطقه از شهر تهران قابل توجه می‌باشد. لازم به ذکر است که بدلیل کاهش قابل توجه فعالیت‌های تجاری، صنعتی و ترافیک در فروردین ما ۱۳۸۱ ، این ماه به عنوان شاهد درطی نمونه‌گیری انتخاب شد. مجموعه ابزار و دستگاههای مورد استفاده در این پژوهش عبارت بودند از:

۱- پمپ نمونه‌گیر هوا با حجم زیاد[۳] ۲- صافی فایبر گلاس با ابعاد ۸×۱۰ in (۲۰/۳×۲۵/۴ cm)
۳- پمپ نمونه‌بردار میکروبی ۴- فیلترهای غشایی[۴] با جنس استر سلولز (قطر ۴۷ mm و پورسایز ۰/۴۵ μm)
۵- نگهدارنده فیلتر[۵] جهت نمونه‌گیری میکروبی ۶- رطوبت سنج ۷- دماسنج
۸- محیط کشت پلیت کانت آگار ۹- پلیت یکبار مصرف ۱۰- فویل آلومینیومی
۱۱- کلنی شمار

نمونه‌های ذرات معلق شامل TSP و PM_{10} با استفاده از دو دستگاه نمونه‌بردار اتوماتیک با حجم بالا، یکی برای TSP و دیگری برای PM_{10} ، واقع در منطقه مورد نظر (در ارتفاع ۳m از سطح زمین) جمع آوری شد. این نمونه‌گیری‌ها شامل جمع‌آوری ذرات بر روی یک فیلتر فایبر گلاس با استفاده از دستگاه نمونه‌گیر اتوماتیک هوا با حجم بالا، پس از کالیبراسیون دستگاه بود. نمونه‌های میکروبی نیز با استفاده از یک پمپ نمونه‌بردار میکروبی که مجهز به فیلتر هولدر بود، جمع‌آوری شد. از این روش (روش صافی غشایی) برای شمارش کمی کلنی‌های متشکله استفاده می‌شود. صافی غشایی بعد از مکش پمپ و عبور هوا از میان خود، تمام میکروارگانیسم‌های هوا را در خود نگه می‌دارد. پس از نمونه‌گیری، غشا را از نمونه بردار جدا کرده و به محیط کشت پلیت کانت آگار[۶] منتقل و سپس به مدت ۳ ± ۴۸ ساعت در انکو با تور در دمای ۰/۵ ± ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهند و پس از رشد کلنی‌ها، آنها را می‌شمارند. لازم به ذکر است که کلنی‌های تشکیل شده پس از گذشت این زمان نباید بیشتر از ۷۰-۶۰ عدد شود. با این روش نمونه برداری و استفاده از فیلتر، می‌توان به‌راحتی تعداد کلنی حاصله را شمارش کرده و با محاسبات لازم، تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا (CFU/m^3) را گزارش کرد [۷، ۸ و ۹].

با توجه به محاسبات آماری و استانداردهای موجود (EPA)، ۶۱ نمونه برای TSP، ۶۱ نمونه برای PM_{10} و ۶۱ نمونه میکروبی برداشت شد. در چهار ماه دی، بهمن، اسفند ۱۳۸۰ و فروردین ۱۳۸۱ ، نمونه‌های همزمان ۲۴ ساعته برای TSP و PM_{10} و نمونه‌های یک ساعته میکروبی در ساعات اوج آلودگی هوا (در پیک صبحگاهی، بین ساعات ۹-۷ صبح) همزمان با نمونه‌های TSP و PM_{10} برداشت شد. علت انتخاب ساعات فوق برای نمونه‌برداری میکروبی با توجه به بررسی‌هایی بود که بر روی آمار و ارقام ارائه شده از طرف سازمان حفاظت محیط زیست در نشریه‌های آمار آلودگی هوای تهران از سال ۷۵-۱۳۶۲ انجام شده، زیرا غالباً در منحنی‌های رسم شده از آلاینده‌های هوای تهران بویژه ذرات معلق دو پیک آلودگی وجود دارد که یکی مربوط به صبح بین ساعات ۱۰-۶ و دیگری پیک مربوط به بعداز ظهر بین ساعات ۲۰-۱۷ می‌باشد. در نتیجه انتخاب ساعات نمونه برداری میکروبی

---

۳ - High Volume Sampler
٤ - Membrane Filter
٥ - Filter Holder
٦ - Plate Count Agar

بین ۹-۷ صبح ، بی‌ارتباط با پیک صبحگاهی فوق الذکر نیست. زیرا عوامل بیولوژیکی و باکتریها که غالباً بر روی ذرات معلق موجود در هوا مستقر هستند، تا حد زیادی یک ارتباط مستقیم با همدیگر دارند که این ارتباط به صورت نمودار ارائه شده است[۱].

نمونه‌های میکروبی و ذرات معلق به صورت یک روز در میان و حداقل سه نمونه در هفته برداشت شد، تا بدین صورت در طول دوره چهار ماهه نمونه‌گیری تمام روزهای هفته تحت پوشش قرار بگیرد. بدین صورت ۴۵ نمونه در دی، ۵۱ نمونه در بهمن، ۴۵ نمونه در اسفند و ۴۲ نمونه در فروردین به طور همزمان برای TSP و PM_{10} و شمارش کلنی صورت گرفت. (جمعاً ۱۸۳ نمونه برداشت شد.)

در طول دوره نمونه‌گیری، پارامترهای متداول جوی (رطوبت نسبی و درجه حرارت) نیز به طور مرتب ثبت می‌شد.

نتایج

در این پژوهش پس از انجام آزمایشهای لازم طبق روش کار ارائه شده ، نتایجی حاصل شد که به صورت جدول و نمودار در ادامه آمده است. نتایج و یافته‌های این پژوهش به دو قسمت عمده تقسیم شده است.

در بخش اول ارتباط بین پتانسیل رشد میکروارگانیسمهای هوا (تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا) با غلظت ذرات معلق بررسی شده است. یک بار ارتباط خطی تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا (CFU/m^3) با غلظت TSP ($\mu g/m^3$) و بار دیگر ارتباط خطی تعداد کلنی تشکیل شده در هر متر مکعب هوا (CFU/m^3) با غلظت PM_{10} ($\mu g/m^3$) بررسی شده است که نتایج از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). در این بخش توزیع میانگین تعداد کلنی تشکیل شده و غلظتهای TSP و PM_{10} با توجه به ماههای نمونه‌گیری نیز ارائه شده است (جدول ۳).

دربخش‌دوم این پژوهش‌ارتباط بین پتانسیل‌رشدمیکروارگانیسمهای هوا با شرایط‌محیطی (رطوبت نسبی، درجه حرارت) و ایام هفته بررسی شده است (جدول ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

بدلیل اینکه انسان احتیاج به اکسیژن دارد، مجبور است دائماً تنفس کندو با این عمل میزان ورود آئروسلهای بیولوژیک از طریق هوا به داخل بدن افزایش می‌یابد. نحوه انتقال و انتشار متداول عفونتهای تنفسی، از طریق ذرات معلق آلوده هوا است و در معرض قرار گرفتن با این گرد و غبارهای آلوده ممکن است انواع بیماریهای آلرژیک را ایجاد کند. چون ذرات موجود در هوای تنفسی هنگام ورود به ریه‌ها، طی برخورد به سطوح مخاطی مرطوب بینی، حلق، حنجره، نای و نایژه‌ها جذب می‌شوند و به این نحو است که میکروارگانیسمهای منتقله از طریق هوا در فردی که در معرض قرار گرفته، ایجاد عفونتهای تنفسی و آلرژیک و یا واکنش‌هایی که منجر به مسمومیت می‌شوند، خواهد کرد. باتوجه به مقدمه ذکر شده به بحث در مورد نتایج حاصله از این پژوهش می‌پردازیم.

۱- طبق نمودار ۱ ، حداکثر میانگین غلظت ۲۴ ساعته TSP و PM_{10} در طول دوره نمونه‌گیری ، مربوط به اسفندماه و حداکثر میانگین تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا (CFU/m^3) مربوطه به بهمن ماه می‌باشد. به طوریکه حداکثر میانگین غلظت ۲۴ ساعته TSP در این ماه ۳۱۹/۹ $\mu g/m^3$ ، PM_{10} برابر ۱۴۹/۵$\mu g/m^3$ و تعداد کلنی تشکیل شده در هر متر مکعب هوا برابر (CFU/m^3) ۲۷/۶ می‌باشد. حداقل میانگین غلظت ۲۴ ساعته TSP، PM_{10} و شمارش کلنی‌های متشکله نیز مربوط به فروردین ماه می‌باشد که

به عنوان شاهد در این پروژه منظور شده است. به طوریکه حداقل میانگین غلظت ۲۴ ساعته TSP در فروردین ماه $\mu g/m^3$ ۱۶۸/۹، PM_{10} برابر $\mu g/m^3$ ۸۶/۳ و تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا برابر (CFU/m^3) ۱۲ می‌باشد.

در اینجا این نکته قابل ذکر است که به جز فروردین ماه ، در سه ماهه فصل زمستان میانگین مقادیر TSP بالاتر از حد استاندارد ($۲۶۰\mu g/m^3$) بوده است که می‌تواند بدلیل فعالیت‌های قابل توجه تجاری، صنعتی و ترافیک و شرایط جوی ویژه به خصوص وارونگی هوا در فصل زمستان باشد. به طوریکه در فروردین ماه بدلیل کاهش قابل توجه فعالیت‌های تجاری، صنعتی و ترافیک و شرایط جوی مطلوب و ریزشهای جوی، میانگین مقادیر TSP زیر استاندارد بوده و نسبت به فصل زمستان به حدود نصف کاهش یافته است. میانگین مقادیر PM_{10} نیز به جز اسفند ماه که در مرز استاندارد $۱۵۰\mu g/m^3$ می‌باشد، در سایر ماهها زیر حد استاندارد اندازه‌گیری شده است.

۲- طبق نمودار ۲، اختلاف تعداد کلنی تشکیل شده در هر متر مکعب هوا (CFU/m^3) در روز شنبه با سایر ایام هفته در طول دوره نمونه‌گیری می‌تواند به این دلیل باشد که روز شنبه بعد از پنجشنبه و جمعه که از روزهای تعطیل می‌باشند، به عنوان روز اول هفته بوده و شهر با یک حجم وسیع و گسترده‌ای از فعالیت و ترافیک روبرو می‌باشد. لذا میزان آئروسلهای بیولوژیک هوای شهر نیز به همراه سایر آلاینده‌های هوا از جمله TSP و PM_{10} افزوده می‌شود. با این اوصاف و باتوجه به وضعیت تهران، نتایج حاصل بین شنبه‌ها و سایر ایام هفته دور از انتظار نیست. درخصوص روند افزایش میانگین تعداد باکتریها در روز پنجشنبه می‌توان گفت که در روز پنجشنبه در ادارات به عنوان آخرین روز اداری هفته بوده و لذا مردم برای انجام امور اداری و فعالیت‌های روزمره خود بیشتر در محدوده مرکزی شهر فعالیت می‌کنند و طبیعتاً حجم مراجعات به ادارات نیز تا حد بالایی افزایش می‌یابد. علاوه بر آن در روز پنجشنبه طرح محدودیت ترافیکی در بخش مرکزی شهر اجرا نمی‌شود و ورود به این مناطق آزاد است و لذا افزایش میانگین تعداد کلنی تشکیل شده در این روز نیز به دلایل فوق است.

۳- طبق نمودارهای ۳ و۴ ، تغییرات غلظت TSP و PM_{10} با تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا در طول دوره نمونه‌گیری به صورت خطی بوده و این ارتباط از لحاظ آماری نیز معنی‌دار می‌باشد.

* فرمول بدست آمده در مورد ارتباط TSP با تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا به صورت $\underline{Y} = ۰/۰۹۵۴ \underline{x} - ۳/۹۵۱$ با $r = ۰/۹۴$ و $P_{value} < ۰/۰۰۱$ می‌باشد، که در آن Y برابر تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا (CFU/m^3) و X برابر TSP $(\mu g/m^3)$ می‌باشد.

* فرمول بدست آمده در مورد ارتباط PM_{10} با تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا به صورت $\underline{Y} = ۰/۱۹۱ \underline{x} - ۲/۲۹۷$ با $r = ۰/۸۶$ و $P_{value} < ۰/۰۰۱$ می‌باشد که در آن Y برابر تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا (CFU/m^3) و X برابر PM_{10} $(\mu g/m^3)$ می‌باشد.

* پس با توجه به دو فرمول ارائه شده فوق و داشتن مقادیر TSP و PM_{10} بر حسب $\mu g/m^3$ می‌توان به پتانسیل رشد میکروارگانیسمهای هوا در آن روز بر حسب (CFU/m^3) رسید.

۳- در نمودارهای ۵ و ۶ ، رابطه بین شرایط محیطی (رطوبت نسبی و درجه حرارت) با پتانسیل رشد میکروارگانیسمهای هوا (CFU/m^3) مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله عوامل محیطی که اهیمت آنها در شهرهای بزرگ مثل تهران بیشتر است، می‌توان به رطوبت هوا، دمای هوا و پایداری هوا اشاره کرد. از بررسی عوامل محیطی ذکر شده بر روی پتانسیل رشد میکروارگانیسمهای هوای منطقه مورد نظر در شهر تهران نتایج زیر بدست آمد که در نمودارهای ۵ و ۶ نیز قابل مشاهده می‌باشد. طبق این بررسی‌ها در فصل زمستان (دی،

بهمن و اسفند)، در شرایطی که رطوبت هوا کمتر از ۵۰ درصد و دمای هوا بین ۱۰-۶ درجه سانتیگراد و با رطوبت هوا در محدوده ۷۰- ۶۱ درصد و دمای هوا بین ۳-۰ درجه سانتیگراد باشد، به خصوص در روزهای شنبه و پنجشنبه این سه ماه، وضعیت آلودگی و پتانسیل رشد میکروارگانیسمهای هوا (تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا) در یک حالت بحرانی و خطرناک قرار می‌گیرد و به شدت سلامتی کودکان و سالمندان را تهدید می‌کند، بویژه اگر این شرایط با پدیده وارونگی هم همراه باشد، منجر به ایجاد ابر مسموم و در نتیجه افزایش بیماریهای تنفسی و حمله‌های قلبی و عروقی و در نهایت سبب افزایش مرگ و میر می‌شود. در نهایت می‌توان گفت که در محدوده‌های دمایی و رطوبتی ذکر شده در فوق به خصوص در روزهای شنبه فصل زمستان، احتمال آلوده شدن سالمندان و کودکان که برای پذیرش اینگونه آلودگی‌ها مستعدتر هستند، در بیشترین حد خواهد بود. زیرا در چنین شرایطی نه تنها آلاینده‌های شیمیایی در هوا وجود دارد، بلکه غلظت ذرات بیولوژیکی هم به اوج خود می‌رسد و تعداد عوامل بیماریزای زنده، بویژه تعداد باکتریها در هر متر مکعب هوا به بیشترین حد خود می رسد.

۴- در انتها باید ذکر کرد که خطرات ناشی از میکروارگانیسمهای هوا یکی از تهدیدکنندگان سلامتی انسانها می‌باشد، که در این بین ذرات معلق موجود در هوا نقش ویژه‌ای را دارا می‌باشند و در پایان این مطلب را یادآور می‌شود که کیفیت هوای پیرامون ما نیازمند مراقبت است و این امر در هیچ زمینه‌ای به اندازه هوایی که تنفس می‌کنیم، بدیهی نیست.

جدول ۱ : رگرسیون خطی تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا برحسب TSP ($\mu g/m^3$)

متغیر	ضریب B	Sig.
TSP	۰/۰۹۵۴	<۰/۰۰۱
مقدار ثابت	-۳/۹۵۱	۰/۰۰۴

P_{value}<۰/۰۰۱ R^2=۰/۸۷۹۹ r=۰/۹۴

جدول ۲ : رگرسیون خطی تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا برحسب PM_{10} ($\mu g/m^3$)

متغیر	ضریب B	Sig.
PM_{10}	۰/۱۹۱	<۰/۰۰۱
مقدار ثابت	-۲/۲۹۷	۰/۲۵۷

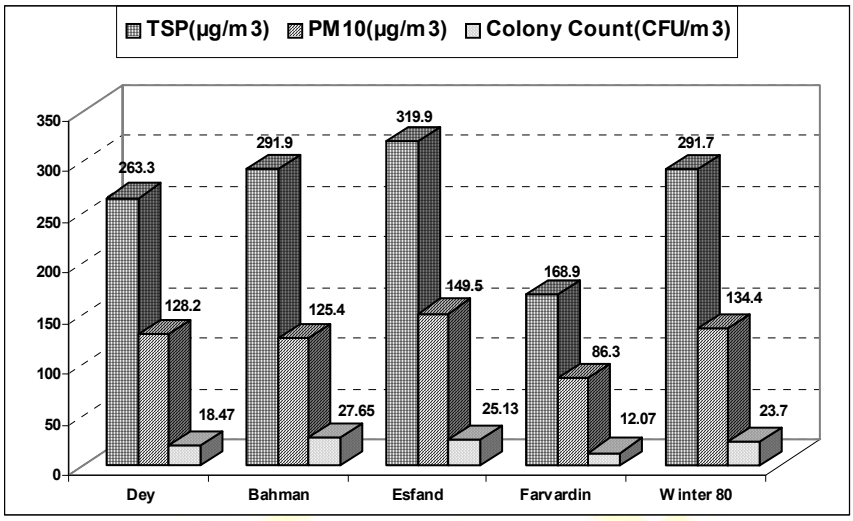
P_{value}<۰/۰۰۱ R^2=۰/۷۲۸۴ r=۰/۸۵

جدول ۳ : مشخصه‌های آماری میانگین تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا و غلظتهای TSP و PM_{10} در طول دوره نمونه‌گیری

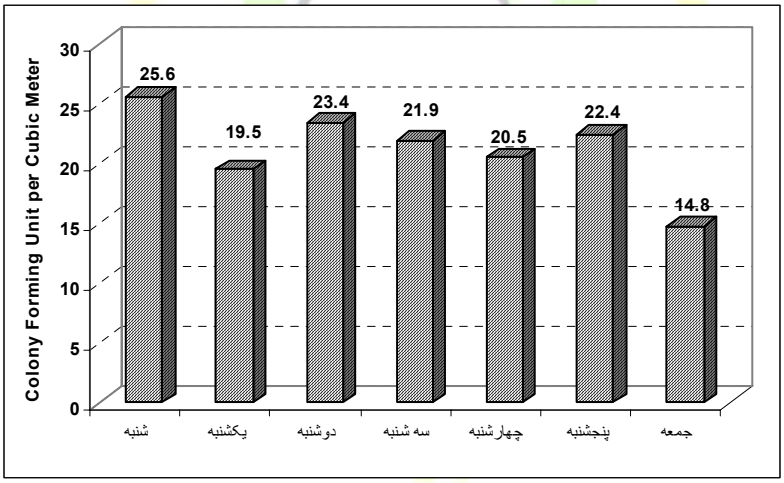
ماه نمونه‌گیری / نوع آلاینده	TSP (µg/m³)			PM_{10} (µg/m³)			Total Count (CFU/m³)		
	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار
دی	۱۵	۲۶۳/۳	۱۱۱	۱۵	۱۲۸/۲	۵۰/۶	۱۵	۱۸/۴۷	۶/۳
بهمن	۱۷	۲۹۱/۹	۶۷/۶	۱۷	۱۲۵/۴	۲۵/۷	۱۷	۲۷/۶۵	۹/۸۴
اسفند	۱۵	۳۱۹/۹	۱۰۲/۲	۱۵	۱۴۹/۵	۵۳/۶	۱۵	۲۵/۱۳	۹/۴۸
فروردین (شاهد)	۱۴	۱۶۸/۹	۸۸/۴	۱۴	۸۶/۳	۴۳	۱۴	۱۲/۰۷	۶/۳۸

جدول ۴ : مشخصه‌های آماری پارامترهای متداول جوی و ایام هفته با توجه به تعداد کلنی تشکیل شده در هر مترمکعب هوا (CFU/m^3) در طول دوره نمونه‌گیری

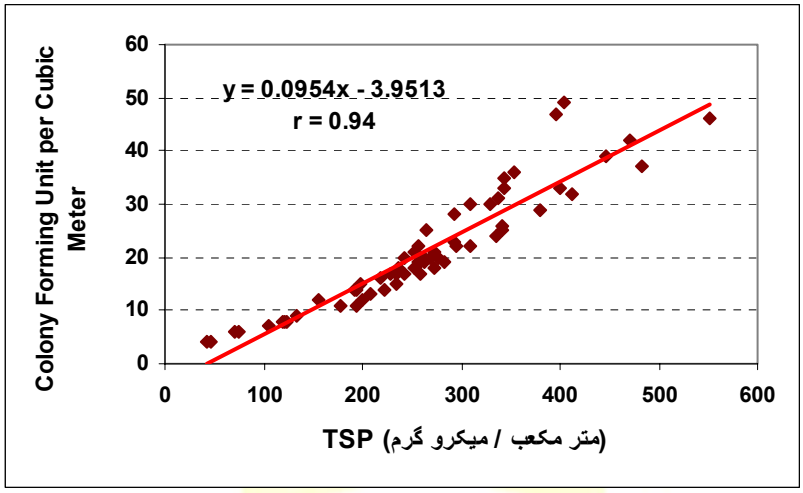
رطوبت هوا (درصد) / CFU/m^3	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	دمای هوا(درجه سانتیگراد) / CFU/m^3	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	ایام هفته / CFU/m^3	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار
<۵۰	۱۴	۲۶/۸۶	۱۲/۲۱	۰-۳	۹	۲۸/۵۶	۱۱/۲۵	شنبه	۱۱	۲۵/۶۴	۱۲/۴۵
۵۱-۶۰	۱۵	۱۸	۷/۵۴	۳-۶	۱۵	۲۱/۴	۱۰/۶۲	یکشنبه	۸	۱۹/۵	۴/۴
۶۱-۷۰	۱۴	۲۵/۷۹	۱۰/۳۵	۶-۹	۱۱	۲۳/۸۲	۱۱/۱۳	دوشنبه	۹	۲۳/۴۵	۹/۵۳
۷۱-۸۰	۱۲	۱۶	۴/۹۶	۹-۱۲	۱۵	۱۷/۸	۱۰/۷۹	سه شنبه	۹	۲۱/۸۹	۱۲/۰۹
>۸۱	۶	۱۸	۱۱/۰۵	>۱۲	۱۱	۱۶/۷۸	۳/۹	چهارشنبه	۴	۲۰/۵	۷/۲۱
--	--	--	--	--	--	--	--	پنجشنبه	۹	۲۲/۴۴	۱۲/۹۴
--	--	--	--	--	--	--	--	جمعه	۱۱	۱۴/۸۲	۷/۰۶



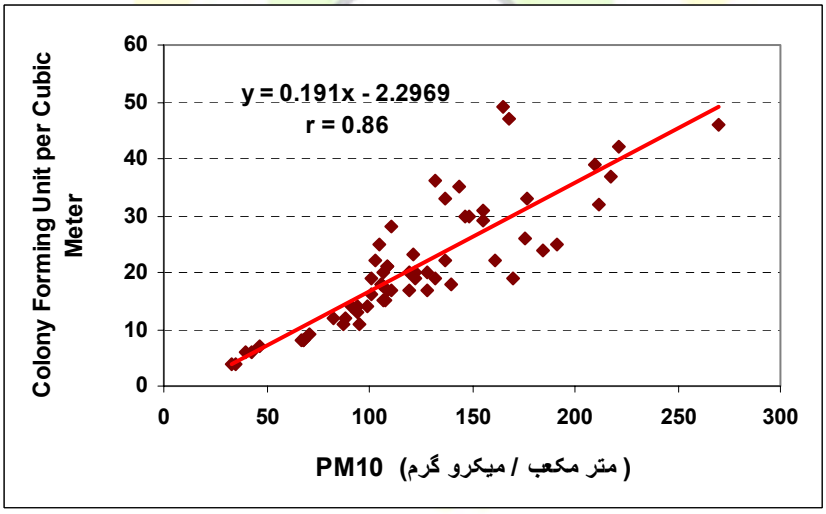
نمودار ۱ : توزیع میانگین تعداد کلنی‌های تشکیل شده و غلظتهای TSP و PM_{10} در طول دوره نمونه‌گیری



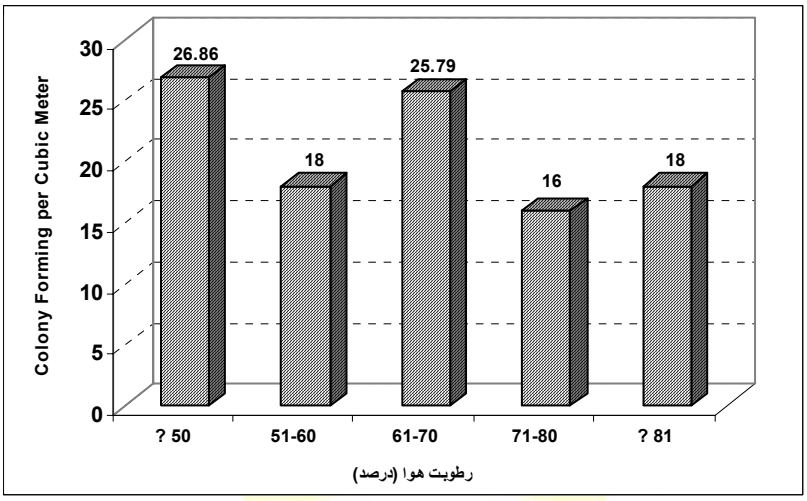
نمودار ۲: توزیع میانگین تعداد کلنی تشکیل شده در ایام مختلف هفته در طول دوره نمونه‌گیری



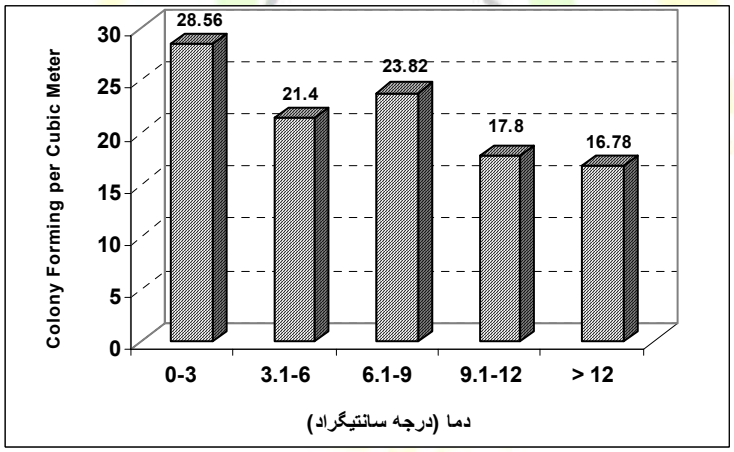
نمودار ۳ : تغییرات غلظت TSP نسبت به تعداد کلنی‌های تشکیل شده در طول دوره نمونه‌گیری



نمودار ۴ : تغییرات غلظت PM_{10} نسبت به تعداد کلنی‌های تشکیل شده در طول دوره نمونه‌گیری



نمودار ۵ : توزیع میانگین تعداد کلنی تشکیل شده باتوجه به تغییرات رطوبت هوا در طول دوره نمونه‌گیری



نمودار ۶ : توزیع میانگین تعداد کلنی تشکیل شده باتوجه به تغییرات دمای هوا در طول دوره نمونه‌گیری

منابع

۱- دفتر بررسی آلودگی هوا، ***آمار آلودگی هوای تهران***، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، شماره ۴۲ ،۱۳۷۶، صفحه ۱-۱۷۱.

۲- شهرداری تهران (شرکت کنترل کیفیت هوا)، سازمان همکاریهای بین المللی ژاپن (جایکا)، ***چکیده گزارش پروژه طرح جامع کنترل آلودگی هوای تهران بزرگ***، انتشارات شرکت کنترل کیفیت هوا،۷۶-۱۳۷۳، صفحه ۱۳-۲۶.

۳- کمیته ملی توسعه پایدار- گروه کاری برنامه عزم ملی، ***برنامه عزم ملی برای حفاظت از محیط زیست***، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۸، صفحه ۵-۳۴.

۴- معصوم بیگی، ح.، ***اثرهای زیان بخش آلودگی هوا بر سلامت سالمندان***، مجله بهداشت جهان (فصلنامه بهداشتی، علمی، اقتصادی و فرهنگی) ، سال چهاردهم، شماره اول و دوم ، پیاپی ۴۰، ۱۳۸۰، صفحه ۹-۱۴.

5- Collier, L., Balows, A., Sussman, M., ***Microbiology and Microbial Infections***, 9th edition, Chapter 14, Tapley & Wilson's,1998: 339-349.

6- Gregory, P. H., ***The Microbiology of the Atmosphere***, 2nd edition, Doble & Brendon Ltd., 1973: 1-14.

7- KemP,P. C.,et al, ***Survival and Growth of Micro- organisms Air Filtration Media during Initial Loading***, Atmospheric Environment, October 2001: Vol. 35, No. 28, 4739 –4749.

8- Lodge, J.P., ***Methods of Air Sampling and Analysis***,4th edition, Lewis Publishers, Inc., 1990: 190-212.

9- Maus,R., Goppelsroder,A., Umhauer,H., ***Survival of Bactrial and Mold Spors in Air Filter Media***, Atmospheric Environment, 2001: Vol. 35, No. 1, 105-113.

10- WHO, ***Regional Workshop on Air Pollution and Health***, Tehran, Islamic Repolic of Iran, 14-16 November 2000.