



## جذب بیو آئروسول‌های محیط کار با استفاده از زئولیت طبیعی ایران

فیروز ولی پور<sup>۱</sup>، عباس رضایی<sup>۲</sup>، احمد جنیدی جعفری<sup>۳</sup>، علی خوانین<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۷/۲۲

تاریخ ویرایش: ۹۱/۰۷/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۱/۱۲

### چکیده

**زمینه و هدف:** بیوآئروسول‌های موجود در محیط کار پرسنل مراکز درمانی یک عامل زیان آور شغلی می‌باشد که کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است. این مطالعه با هدف استفاده از زئولیت طبیعی ایران به عنوان یک جاذب معدنی در جذب میکروب سودوموناس آئروژنزا انجام شد. **روش بررسی:** در این مطالعه زئولیت طبیعی ایران با استفاده از آسیاب برقی و الک‌های استاندارد ASTM با مش ۴۰-۲۰ در شرایط آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت. سوبه باکتریایی مورد استفاده در این مطالعه سودوموناس آئروژنزا (ATCC: 27853) بود. غلظت آئروسول باکتریایی مورد استفاده در محدوده ۱۰۵ و ۱۰۶ عدد باکتری در هر میلی‌لیتر جریان هوا بود که با استفاده از نبولایزر تهیه و در سیستم تزریق گردید. **یافته‌ها:** نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تعداد باکتری باقی مانده در خروجی سیستم با میزان جرم جاذب استفاده شده در سیستم جذب رابطه معکوس دارد به طوری که در دانسیته باکتریایی ۱۰۵ عدد در هر میلی‌لیتر هوا در دبی یکسان و جرم‌های جاذب ۵۰ و ۶۰ گرم تعداد باکتری باقی مانده پس از ۶۰ دقیقه نمونه‌برداری به ترتیب ۳۳ و ۲۰ باکتری حاصل شد. **نتیجه‌گیری:** زئولیت طبیعی ایران جاذبی با قابلیت جذب بالا است که می‌تواند هوای آلوده با عامل باکتریایی سودوموناس آئروژنزا را با راندمان مناسبی پالایش و تصفیه کند.

**کلید واژه‌ها:** زئولیت طبیعی، سودوموناس آئروژنزا، محیط کار، بیوآئروسول

### مقدمه

هوای آزاد می‌باشد. از طرفی حرکت، جابجایی و تهویه بسیار آرام و کند هوا در داخل ساختمان‌ها به دلیل طراحی نامناسب ساختمان‌ها، عدم تهویه مناسب و حضور منابع دیگر آلاینده نظیر دفع آلاینده‌ها در اثر فعالیت‌های فیزیولوژیک افراد (دی اکسید کربن، رطوبت و...) حضور عوامل مختلف میکروبی نظیر باکتری‌ها، قارچ‌ها و غیره در اغلب موارد باعث می‌گردد که غلظت آلاینده‌های هوای داخل ساختمان‌ها از مقادیر مجاز پذیرفته شده بالاتر باشد که با توجه میزان و نوع آلاینده مخاطرات متعددی را می‌تواند برای افراد داشته باشد [۲]. همچنین انسان هر روز در محیط زندگی در معرض تهدید مواجهه با میکروب‌ها قرار دارد. در مطالعاتی ارتباط تماس با بیو آئروسول‌ها و افزایش بیماری‌های آسم، رینیت و ناراحتی ریوی گزارش شده است [۳]. امروزه نگرانی‌ها در خصوص آلودگی‌های هوای

آلودگی هوای داخل ساختمان یکی از مهم‌ترین عوامل مخاطره‌آمیز است که می‌تواند سلامتی افراد را در جوامع مختلف توسعه یافته و در حال توسعه به شدت تحت تاثیر قرار دهد. آلودگی هوای محیط‌های باز (هوای آزاد) به علت کمیت زیاد آلاینده‌های پخش شده از منابع مختلف طبیعی و مصنوعی توجه زیادی را در سطوح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی به خود جلب کرده است [۱]. از آنجائیکه زمان تماس با یک آلاینده مشخص نقش زیادی در شدت اثر آن آلاینده دارد می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که تاثیر حضور یک آلاینده با یک میزان مشخص در محیط‌های بسته بسیار بیشتر از محیط‌های باز یا هوای آزاد خواهد بود. زیرا زمان تماس فرد در چنین محیط‌هایی چند برابر زمان تماس در

۱- گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، استادیار، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. rezaee@modares.ac.ir

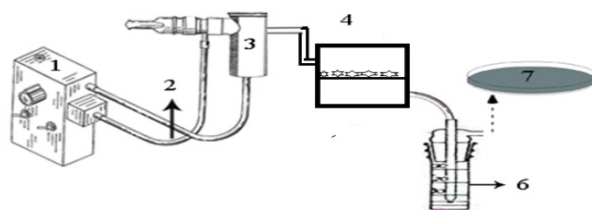
۳- دانشیار، گروه بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۴- دانشیار، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

صدیقه حسین آبادی در سال ۱۳۸۸ تنوع و تراکم بیو آئروسول‌ها را در بیمارستان امام خمینی فریدونکنار مورد بررسی قرار دادند. میانگین تراکم بیو آئروسول‌ها ۱۲۲ CFU/m<sup>3</sup> به دست آمد. بیشترین تراکم مربوط به استافیلوکوکوس اپیدرمایدیس بوده است. مطابق نتایج با اطمینان ۹۵ درصد تراکم بیو آئروسول‌ها از حد مجاز پیشنهادی NIOSH (CFU/m<sup>3</sup> ۳۰) بالاتر می‌باشد [۸]. هاشمیان و همکاران تعداد ۱۰۸۵ نمونه از فضای اتاق عمل، ابزار جراحی و بدن بیمار را مورد بررسی قرار دادند. میزان بروز عفونت اتاق عمل ۲۲ درصد بود. بیشترین فراوانی محل نمونه‌برداری مربوط به فضای اتاق عمل با تعداد ۱۸۶ مورد معادل ۷۷/۵ درصد بود. ۷۵ درصد میکروب‌ها به آنتی بیوتیک‌های آمپی سیلین و آموکسی سیلین مقاوم بودند [۹]. کیومرث سمعی در پژوهشی ارزیابی سیستم تهویه مطبوع اتاق‌های ایزوله بیمارستان‌های منتخب را مورد بررسی قرار داد. میزان متوسط رشد عوامل بیولوژیک ۸۱۰ کلونی در متر مکعب و حداکثر ۷۷۶۶/کلونی در متر مکعب و حداقل صفر کلونی در متر مکعب به دست آمد [۱۰]؛ بنابراین وجود آلاینده‌های بیولوژیک در محیط کار کارکنان شاغل در مراکز درمانی حقیقتی انکار ناپذیر است و کنترل این عوامل یکی از اولویت‌های اصلی بهداشتی است چون علاوه بر کارکنان این مراکز گروه مراجعات با این مراکز که بیماران می‌باشند و در اکثر مواقع دچار ضعف سیستم ایمنی می‌باشند. جذب بیوآئروسول‌ها بر روی جاذب‌های مختلف یکی از روش‌های کنترل آنها می‌باشد که مورد توجه محققین قرار گرفته است، در مطالعه‌ای jiang و همکاران پژوهشی را بر روی جذب باکتری سودوموناس بر روی سه جاذب معدنی گوتیت، کائولینیت و مونتمورینولیت انجام دادند. آنها بعد از گذشت زمان ۵۰ دقیقه از عبور باکتری بر روی این اذها بر کاهش بیو آئروسول‌ها، در این مقاله میکروب سودوموناس آئروژنزا که از مقاومت دارویی بالایی برخوردار است، به عنوان یک عامل بیولوژیک شغلی میزان جذبش بر روی ژئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت ایران مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

محیط‌های داخلی افزایش یافته است. مردم کیفیت هوای داخل را بر هوای بیرون ترجیح می‌دهند چون حدود ۷۰ درصد وقت خود را در محیط‌های داخلی می‌گذرانند [۴]. آلودگی هوای داخل در لیست یکی از پنج ریسک فاکتور محیطی اصلی قرار دارد، آلودگی هوای داخل شامل آلاینده‌های شیمیایی، ذرات ریز و آلاینده‌های بیولوژیک می‌باشد. آلاینده‌های بیولوژیک به شکل بیو آئروسول‌ها یکی از منابع عمده آلودگی هوای داخل محسوب می‌شود که شامل سلول‌های باکتریایی، قطعات متلاشی شده سلول‌ها، اسپورهای قارچ و تولیدات جانبی حاصل از متابولیسم میکروبی می‌باشد. قطرات آئرویدینامیک ذرات بیولوژیک هوابرد بین ۰/۱ تا ۱۰۰ میکرو متر می‌باشد. باکتری‌ها و قارچ‌های هوابرد می‌توانند سمی، آلرژن و دارای عفونت یا بدون عفونت باشند. هنگامیکه یک میکرو اورگانیسم فقط دارای خاصیت عفونی است. واکنش‌های سمی و آلرژیک می‌تواند توسط قطعات یا ترکیبات جانبی آن میکرو اورگانیسم ایجاد شود [۵].

مطالعات انجام شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا نیز مؤید این واقعیت است که آلودگی هوای محیط‌های بسته به دلیل تماس با غلظت‌های بالای میکروارگانیسم مخاطره انگیزتر از آلودگی هوای آزاد می‌باشد. مطالعات اپیدمیولوژیکی نشان داده که سندرم ساختمان بیمار Sick Building Syndrome (SBR) با غلظت‌های هوابرد مرتبط است، که منجر به بیماری‌های عفونی مختلف نظیر عفونت‌های ریوی و ... می‌گردد [۶]. در سال‌های اخیر افرادی که در معرض تماس با بیو آئروسول‌ها بوده‌اند گزارشاتی را در خصوص اثرات مضر بهداشتی بیو آئروسول‌ها اعلام نموده‌اند [۶]. مطالعات انجام شده در داخل کشور نیز مؤید این مطلب است، قربانی شهنا و همکارانش در سال ۱۳۸۳ به بررسی تنوع بیوآیروسول‌ها در ۲۳ اتاق عمل ۴ بیمارستان در همدان در حین عمل پرداختند. نتایج حاصل نشان می‌دهد میانگین تراکم کل بیو آئروسول‌ها ۱۳۶/۷ cfu/m<sup>3</sup> تراکم بیو آئروسول‌های پاتوژن ۰/۱ /cfu/ m<sup>3</sup> بوده است [۷]. در پژوهشی طاهره بند پی و

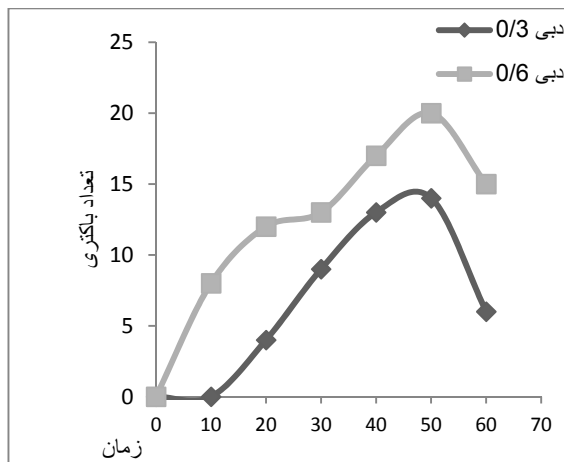


شکل ۱: طرح شماتیک سیستم آزمایشگاهی مورد استفاده: (۱) منبع هوا (۲) شلنگ کمپرسور هوا (۳) نبولایزر حاوی محلول میکروبی (۴) راکتور (۵) جاذب (زئولیت طبیعی) (۶) ایمپینجر حاوی نرمال سالین جهت نمونه‌برداری از خروجی سیستم (۷) پلیت حاوی محیط کشت سیتروماید آگار

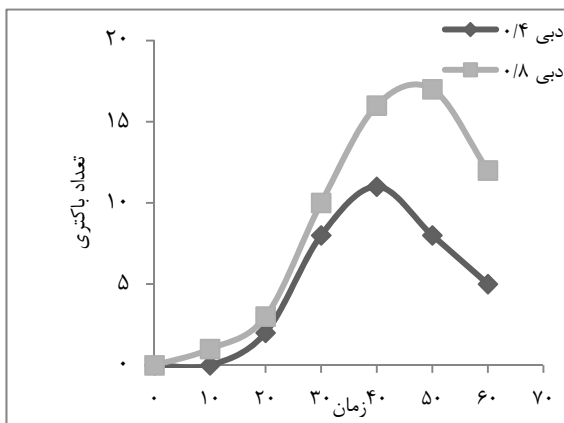
### روش بررسی

در این مطالعه از زئولیت طبیعی ایران به عنوان جاذب استفاده شد. زئولیت طبیعی به دلیل دارا بودن ساختار معدنی، عدم رشد میکروپ، سطح جذب بالا به عنوان جاذب مورد استفاده قرار گرفت. دانه‌بندی زئولیت با استفاده از الک‌های استاندارد ASTM با اندازه‌های ۲۰-۴۰ مش‌بندی شدند [۱۴]. سویه باکتریایی سودوموناس آئروژنزا (ATCC: 27853) به عنوان مدلی برای ایجاد آلودگی باکتریایی در هوا از پژوهشکده بیوتکنولوژی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه و در مطالعه تصفیه هوای آلوده با عامل باکتریایی مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا باکتری‌ها در چندین پلیت حاوی محیط کشت نوترینت آگار در دمای  $37^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲۴ ساعت کشت داده شد، سپس برای ذخیره‌سازی در یخچال  $4^{\circ}\text{C}$  - نگهداری شدند. به منظور کنترل از بین رفتن باکتری‌ها، هر ۲۰ روز یک بار باکتری‌ها روی محیط کشت جدیدی کشت داده شدند. برای تهیه سریال رقت باکتریایی لازم ابتدا کلنی‌های باکتریایی را در محلول بافر نرمال سالین استریل وارد کرده، سپس کدورت آن‌ها با استفاده از لوله استاندارد ۰/۵ مک فارلند (معادل  $10^8 \times 1/5$  عدد باکتری در هر میلی لیتر) توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (Unico 2100 SUV-VIS, USA) با طول موج ۶۰۰ نانومتر در محدوده ۰/۱-۰/۸ تعیین شد. در مرحله بعد با مخلوط نمودن ۱ میلی لیتر از محلول نیم مک فارلند با ۹ میلی لیتر محلول بافر نرمال سالین استریل نمونه‌های میکروبی لازم با رقت  $10^7$  عدد باکتری در هر ۱۰ میلی لیتر

نرمال سالین استریل با توجه به اهداف مطالعه تهیه شده و برای آزمون‌های حذف سودوموناس آئروژنزا توسط زئولیت استفاده شد [۱۵-۱۶]. محلول باکتریایی در مخزن پلاستیکی یک نبولایزر (گنجایش ۱۲ میلی لیتر، دبی ۲۷۰۰ میلی لیتر بر دقیقه، قدرت ۵۰ وات، آلمان) قرار گرفت. این نبولایزر سوسپانسیون تولید شده را به ذرات بیوآئروسول به اندازه ۴ میکرون تبدیل می‌نماید. دبی نبولایزر بین ۰/۲ تا ۲ لیتر بر دقیقه قابل تنظیم است. تمامی اتصالات توسط شیلنگ‌های آزمایشگاهی تایگون (قطر داخلی ۱/۴ سانتی‌متر، قطر خارجی ۳/۸ سانتی‌متر، ضخامت دیواره ۱/۱۶ سانتی-متر) برقرار شد (شکل ۱). همه وسایل بکار رفته در سیستم، قبل و بعد از آزمایش با الکل ۷۰٪، اسید کلریدریک ۵٪، اشعه UV، اتو کلاو و فور استریل شدند. برای نمونه‌برداری هوای خروجی سیستم از محیط کشت اختصاصی سیتروماید آگار ویژه میکروپ سودوموناس آئروژنزا استفاده شد. جهت تهیه محیط، ۹۹۰ میلی لیتر آب مقطر را با ۴۶/۷ گرم از محیط سیتروماید آگار مخلوط نموده و به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰ دور بر دقیقه و دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده تا کاملاً سوسپانسیون هموژنی ایجاد شود. سپس به مدت ۱۵ دقیقه در اتوکلاو با فشار 20 PSI استریل نموده و پس از خنک شدن در محیط هود بیولوژیک با رعایت شرایط استریل و در کنار شعله در پلیت‌های ۶ سانتی‌متری محیط مورد نظر تهیه گردید [۱۷]. سیستم مورد استفاده در این تحقیق متشکل از یک جعبه پلی کربناتی (طول ۱۹ سانتی‌متر، عرض ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر) با دو



نمودار ۱-۱: تاثیر دبی 0/3 و 0/6، جاذب 55 گرم ژئولیت و سریال رقت 10<sup>5</sup> بر میزان جذب میکروب سودوموناس آئروژنزا



نمودار ۱-۲: تاثیر دبی 0/4 و 0/8، جاذب 50 گرم ژئولیت و سریال رقت 10<sup>5</sup> بر میزان جذب میکروب سودوموناس آئروژنزا

است. نتایج حاصل از نمودارهای ۱-۱ و ۱-۲ موید این مطلب است در شرایطی که سریال رقت میکروبی یکسان می‌باشد با افزایش دبی تعداد کلونی رشد یافته در خروجی سیستم افزایش می‌یابد. بر اساس نتایج نمودار ۱-۱ که دبی 0/4 لیتر بر دقیقه و سریال رقت (CFU)  $10^5 \times 1/5$  و جاذب 50 و 60 گرم ژئولیت می‌باشد. با جاذب 60 گرم پس از 10 دقیقه هیچ کلونی رشد نکرد ولی در همان زمان با جاذب 50 گرم یک کلونی رشد کرده است. پس از گذشت 40 دقیقه از شروع نمونه‌برداری با جاذب 50 گرم 9 کلونی و با جاذب 60 گرم 5 کلونی رشد یافته است. نتایج حاصل از این نمودار تایید کننده تاثیر افزایش وزن جاذب در

ورودی و خروجی هوا به فاصله‌های 2 سانتی‌متر از سقف و کف ستون بود که ورودی و خروجی سیستم را فراهم می‌کرد. صفحه پلی کربناتی با طول 18/5 سانتی‌متر و عرض 11/5 سانتی‌متر و قطر منافذ 0/3 میلی‌متر جهت نگهداری جاذب ژئولیتی تهیه گردید. جهت تعیین میزان حذف باکتری توسط سیستم طراحی شده نمونه‌برداری در خروجی ستون با دبی مختلف در فواصل زمانی، 10، 20، 30، 40، 50 و 60 دقیقه در داخل یک میکرو ایم پیسجر حاوی سرم نرمال سالین انجام شد و سپس جهت رشد میکروب نمونه خروجی ستون بر روی محیط کشت اختصاصی سیترومایید آگار انتقال داده شد. در نهایت پلیت‌های حاوی سیترومایید آگار و نمونه هوای خروجی از سیستم به مدت 18-24 ساعت در انکوباتور با دمای 37°C نگهداری و پس از مدت مذکور، تعداد کلونی رشد یافته باکتری سودوموناس آئروژنزا در هر نمونه مورد شمارش قرار گرفت. جهت حصول اطمینان از نتایج حاصله هر مرحله 3 بار تکرار گردید و بهترین حالت رشد سودوموناس آئروژنزا انتخاب گردید. در نهایت مرحله 24 مورد آزمایش قرار گرفت.

### یافته‌ها

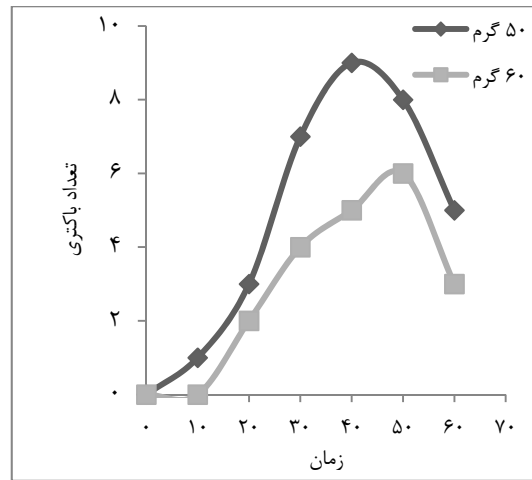
نتایج حاصل از این مطالعه در نمودارهای ۱-۱ تا ۱-۴ ارایه گردیده است. بر اساس نتایج حاصل از نمودار ۱-۱ با جاذب 55 گرم و سریال رقت (CFU)  $10^5 \times 1/5$  با افزایش دبی میزان کلونی رشد یافته در خروجی سیستم افزایش یافته است، به طوریکه پس از 30 دقیقه در دبی 0/6 لیتر بر دقیقه تعداد کلونی رشد یافته 13 و در دبی 0/3 لیتر بر دقیقه، 9 کلونی رشد یافته است. همچنین در دبی 0/3 در 10 دقیقه اول هیچ کلونی رشد نکرده است در صورتیکه در همان شرایط و دبی 0/6 تعداد 8 کلونی رشد یافته است. بر اساس نتایج حاصل از نمودار ۱-۲ با جاذب 50 گرم و سریال رقت (CFU)  $10^5 \times 1/5$ ، در دبی 0/4 لیتر بر دقیقه پس از 50 دقیقه 8 کلونی در خروجی رشد کرده است در صورتیکه در دبی 0/8 پس از همان زمان 17 کلونی رشد کرده

### بحث و نتیجه گیری

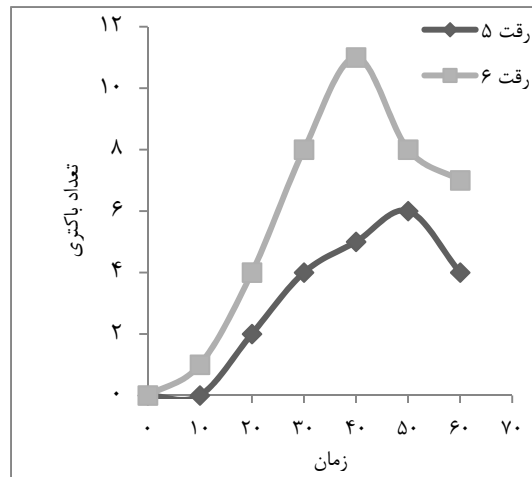
این پژوهش به بررسی میزان جذب میکروب سودوموناس آئروژنزا توسط جاذب زئولیت طبیعی ایران پرداخته است. سه متغیر دبی، سریال رقت و وزن جاذب مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد. تعداد باکتری رشد یافته در خروجی سیستم با کاهش دبی و کاهش سریال رقت میکروبی کاهش یافته و دارای رابطه خطی و مستقیم است، در صورتیکه با افزایش وزن جاذب تعداد باکتری رشد یافته در خروجی سیستم کاهش می‌یابد و دارای رابطه خطی و معکوس است.

در پژوهشی رضایی و همکاران میزان تاثیر و زن جاذب را در میزان جذب بار میکروبی مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه جاذب خاکستر استخوان با وزن ۴، ۷ و ۱۰ گرم و در دو مش ۲۰-۴۰ و بالای ۴۰ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که با افزایش جرم جاذب میزان جذب میکروب افزایش می‌یابد. در این پژوهش نیز سریال رقتی میکروبی مورد استفاده  $10^3$  تا  $10^7$  کلونی در میلی لیتر میکروب اشرشیا کلی بوده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد در تمامی حالات با افزایش سریال رقت میزان جذب میکروبی کاهش می‌یابد؛ که نتایج مطالعه ما با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد [۱۸].

Tomohiro Maeda و Yukihiko Nose خاصیت آنتی باکتریال زئولیت بر روی میکروب‌های سودوموناس آئروژنزا، استافیلوکوک اورئوس و اشرشیا کلی موجود در بخش ارولوژی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این پژوهش موید خاصیت جذب میکروبی زئولیت می‌باشد که با نتایج حاصل از این پژوهش تطابق دارد [۱۹]. Yoshihiro Inoue و همکارانش خاصیت جذب و آنتی باکتریال ترکیب زئولیت- نقره را مورد بررسی قرار دادند. میکروب مورد استفاده اشرشیا کلی بوده و نمونه‌برداری پس از ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه پس از شروع فعالیت انجام گردید. نتایج حاصل از این مطالعه حاکی از خاصیت جذب میکروبی توسط این ترکیب می‌باشد [۲۰]



نمودار ۳-۱: تاثیر جاذب ۵۰ و ۶۰ گرم زئولیت و سریال رقت ۱۰۵ و دبی ۰/۴ لیتر بر دقیقه بر میزان جذب میکروب سودوموناس آئروژنزا



نمودار ۴-۱: تاثیر سریال رقت ۱۰۶ و ۱۰۵، دبی ۰/۶ لیتر بر دقیقه و جاذب ۵۵ گرم زئولیت بر میزان جذب میکروب سودوموناس آئروژنزا

کارایی بهتر سیستم است. نمودار ۱-۴ نتایج حاصل از جاذب ۵۵ گرم، دبی ۰/۶ لیتر بر دقیقه و تاثیر سریال رقت  $10^5 \times 1/5$  (CFU) و  $10^6 \times 1/5$  بر میزان جذب را نشان می‌دهد. در رقت ۶ پس از ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ دقیقه به ترتیب ۸، ۱۵، ۱۸، ۲۰، ۱۶ و ۷ کلونی رشد یافته است. همچنین در رقت ۵ پس از زمان‌های فوق به ترتیب ۴، ۹، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۸ کلونی رشد یافته است. نتایج حاصل از این نمودار نشان دهنده تاثیر افزایش سریال رقت میکروبی در کاهش راندمان جذب می‌باشد.

مطالعات تکمیلی بر روی این جاذب، فرآیند جذب با زئولیت می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای بهبود کیفیت باکتریایی هوای محیط‌های بسته نظیر بخش‌های مختلف بیمارستان‌ها استفاده شود.

### منابع

1. Grinshpun S, Mainelis G, Trunov M, Adhikari A, Reponen T, Willeke K. Evaluation of ionic air purifiers for reducing aerosol exposure in confined indoor spaces. *Indoor Air*. 2005;15(4):235-45.
2. Chow T, Yang X. Ventilation performance in operating theatres against airborne infection: review of research activities and practical guidance. *The Journal of hospital infection*. 2004;56(2):85-92.
3. Jo W-K, Seo Y-J. Indoor and outdoor bioaerosol levels at recreation facilities, elementary schools, and homes. *Chemosphere*. 2005;61(11):1570.
4. Guo H, Lee S, Chan L. Indoor air quality investigation at air-conditioned and non-air-conditioned markets in Hong Kong. *Science of the total environment*. 2004;323(1-3):87-98.
5. Fabian M, Miller S, Reponen T, Hernandez M. Ambient bioaerosol indices for indoor air quality assessments of flood reclamation. *Journal of Aerosol Science*. 2005;36(5):763-83.
6. Huang R, Agranovski I, Pyankov O, Grinshpun S. Removal of viable bioaerosol particles with a low-efficiency HVAC filter enhanced by continuous emission of unipolar air ions. *Indoor Air*. 2008;18(2):106-12.
7. Ghorbani F, joned A, yousefi R, mohseni R, shirazi J. Type and concentration of bioaerosol in the operating room of educational hospital of hamadan university of medical sciences and effectiveness of ventilation system in year 2004. *Scientific journal of hamadan university of medical science and health services*. 2006;13(2):64-70.
8. Bandpay T HS. Bio aerosol diversity and density of aerosols in Imam Khomeini hospital operating rooms Fereidoon'kenar in 1388. *Seventh Congress of Occupational Safety and Health; Iran.Ghazvin* 2011. p. 95.
9. F H. Prevalence of bacterial contamination in operating rooms and some of the factors associated with teaching hospitals, Hamedan University of Medical Sciences in 1375. *hamedan Journal of Medical Sciences*. 2001:18-25.

Amrita و همکارانش جذب باکتری‌ها بر روی زئولیت را مورد آزمایش قرار دادند زئولیت سلول‌های میکروبی را در روی سطوح بیرونی جذب می‌کند؛ و به صورت اختصاصی در جذب میکروب عمل می‌کند، برای فهمیدن جذب اختصاصی تست‌ها در pHهای مختلف انجام شد. میزان جذب بعضی از باکتری‌ها به میزان pH بستگی دارد. و تعدادی از میکروارگانیسم‌ها در محیط اسیدی جذب عالی دارند. در این پژوهش زئولیت‌های مختلف و مخلوطی از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی مورد بررسی قرار گرفت، که زئولیت‌های H-Y و Na-BEA بیشترین تأثیر را در جذب باکتری‌های در مخلوط سوسپانسیون سه میکروب اشرشیا کلی-استافیلوکوک اروئوس و باسیلوس سابتیلیس دارد. از میان زئولیت‌های انتخابی جهت حذف سودوموناس آئروژنزا زئولیت‌های Na-Y و H-USY330 نتایج بهتری نشان داده است [۲۱]. نتایج حاصل از این پژوهش نیز موید تأثیر موثر زئولیت طبیعی ایران در جذب میکروب سودوموناس آئروژنزا می‌باشد. Galeano در پژوهشی فعالیت جذب باکتریایی زئولیت نوع وی که با مواد مختلفی اصلاح شده بود در یک اتاقکی مورد بررسی قرار گرفت که حذف باکتری‌ها در حضور زئولیت فعال شده با نقره و رطوبت ۱۰ درصد در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه به ۹۱ درصد رسید، همچنین درصد حذف باکتری در حضور زئولیت که با اکسید نقره خالص با همان رطوبت در مدت زمان ۳۰ دقیقه به ۱۰۰ درصد رسید. زئولیت اصلاح شده با اکسید مس و رطوبت ۱۰ درصد تا زمان ۹۰ دقیقه به طور کامل باکتری‌ها را حذف کرد ولیکن زئولیت اصلاح شده با مس و همان رطوبت ۱۰ درصد فعالیتش پس از ۹۰ دقیقه کاهش یافت [۲۲]. نتایج حاصل از این مطالعات و این پژوهش موید خاصیت جذب باکتریایی مناسب زئولیت‌های طبیعی به عنوان جاذب معدنی می‌باشد. استفاده از مواد جاذب می‌تواند نقش اساسی در کاهش مصرف مواد ضد عفونی کننده مختلف که در مراکز درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد داشته باشد. می‌توان نتیجه گیری کرد که با انجام



*Pseudomonas aeruginosa* from burn injuries tehran: tarbiat modares; 2007.

18. Rezaee A, Ramin M, Ghanizadeh G, Nili-Ahmadabadi A. Adsorption of *Escherichia coli* using bone char. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 2010;15(1).

19. YN TM. Anew Antibacterial Agent: Antibacterial Zeolite. *Artificial Organs*. 1999; 23(2):129-30.

20. Inoue Y, Hoshino M, Takahashi H, Noguchi T, Murata T, Kanzaki Y, et al. Bactericidal activity of Ag-zeolite mediated by reactive oxygen species under aerated conditions. *Journal of inorganic biochemistry*. 2002;92(1):37-42.

21. Xmlaysopmb AP. Photocatalytic Inactivation of Bioaerosols by TiO<sub>2</sub> Coated Membrane. *international journal of chemical reactor engineering*. 2005;3:A45

22. Galeano B KE NW. . Inactivation of vegetative cells, but not spores, of *Bacillus anthracis*, *B. cereus*, and *B. subtilis* on stainless steel surfaces coated with an antimicrobial silver- and zinc-containing zeolite formulation. 2003. *Appl Environ Microbiol Jul* 2003;69(7):4329-31.

10. K S. Evaluation of hospital isolation room ventilation system chosen. Seventh Congress of Occupational Safety and Health; Iran.Ghazvin2011. p. 87.

11. Jiang D, Huang Q, Cai P, Rong X, Chen W. Adsorption of *Pseudomonas putida* on clay minerals and iron oxide. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2007;54(2):217-21.

12. Grinshpun S PO, Huang R, Agranovski I. Removal of viable bioaerosol particles with a low-efficiency HVAC filter enhanced by continuous emission of unipolar air ions. *Indoor Air*. 2008;18:106-12.

13. Rezaee A, Ramin M, Gh G, Valipour F. Designing of bioaerosol production system for removing *Escherichia coli* from contaminated air using bone char. *MilMed Journal*. 2011;13(2):89-95.

14. 12. AocJ. 1996-2011.

15. Wand H, Vacca G, Kusch P, Krüger M, Kästner M. Removal of bacteria by filtration in planted and non-planted sand columns. *Water research*. 2007;41(1):159-67.

16. Rezaee A, Ghanizadeh G, Behzadiyannejad G, Yazdanbakhsh A, Siyadat S. Adsorption of endotoxin from aqueous solution using bone char. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 2009;82(6):732-7.

17. S S. Lactamase resistance in strains of

## Adsorption of workplace bioaerosols using Iranian natural zeolite

F. Valipour<sup>1</sup>, A. Rezaee<sup>2</sup>, A. Jonydi Jafari<sup>3</sup>, A. Khavanin<sup>4</sup>

Received: 2011/03/31

Revised: 2012/10/06

Accepted: 2012/10/13

### Abstract

**Background and aims:** Bioaerosols in the workplace of health-care workers is one of the hazardous agents that needs more research. This study investigated the feasibility application of the Iranian natural zeolites (INZ) for purification of air contaminated with *Pseudomonas aeruginosa*.

**Methods:** In this study INZ was prepared in laboratory conditions. The INZ crushed and pulverized using grinder and standard ASTM sieves with the range of 20- 40 mesh. *Pseudomonas aeruginosa* strain (ATCC: 27853) was applied in this research and the bacterial aerosol with concentrations of  $10^5$  and  $10^6$  colony forming units (CFU) per mL air flow were prepared using a nebulizer and injected into the system.

**Results:** The result of this research shows that the residual bacteria in the effluent air flow efficiency has a linear correlation with the adsorbent weight, as  $10^5$  CFU/mL initial bacterial concentration; and with 50 and 60 g adsorbent mass after 60 min reached to 33 and 20 bacteria number, respectively.

**Conclusion:** Iranian natural zeolite is an adsorbent with high adsorption efficiency capable of filtration and purification of air contaminated with *Pseudomonas aeruginosa* bacteria.

**Keywords:** natural zeolite, *Pseudomonas aeruginosa*, workplace, Bioaerosol.

1. Department of Occupational and Environmental Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Assistant Professor, Department of Occupational Health, Baghiyatollah University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. (**Corresponding Author**) Associate Professor, Department of Environmental Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. rezaee@modares.ac.ir

3. Associate Professor, Department of Environmental Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

4. Associate Professor, Department of Occupational Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.