بسم الله
الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده علوم پزشکی

پایان‌نامه

دوره کارشناسی ارشد در رشته بهداشت حرفه ای

عنوان

حذف زایلن از جریان هوای آلوده با استفاده از فرایند ازن زنی کاتالیزوری

نگارش

حمیدرضا مکرمی

استاد راهنما

دکتر غلامرضا موسوی

استاد مشاور

دکتر علی خوانین

بهار ۱۳۸۹

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگـان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشـگاه مـی باشـد ولـی حقـوق معنـوی پدیـد آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید بـه نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبـات مقالـه باشـد. ولـی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایـان‌نامـه/ رسـاله نیـز منتشـر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایـان‌نامـه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده هـا، مراکـز تحقیقـاتی، پژوهشـکده هـا، پـارک علـم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مسـتخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونـت پژوهشـی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشـگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشـگاه لازم‌الاجـرا است.

«اینجانب حمیدرضا مکرمی دانشجوی رشته **بهداشت حرفه ای** ورودی سال تحصیلی ۸۶-۸۷ مقطع **کارشناسی ارشـد** دانشـکده **علوم پزشکی** متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آیین نامه حق مالکیت مادی و معنـوی در مـورد نتـایج پـژوهش هـای علمـی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آیین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هرگونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبـران فـوری ضـرر و زیـان حاصـله براسـاس بـرآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هرگونه اعتراض را از خود سلب نمودم ».

امضا

تاریخ

آئین‌نامه پایان‌نامه‌های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت‌های علمی پژوهشی دانشگاه است. بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱ : در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه‌ی خود، مراتب را قبلاً به‌طور کتبی به دفتر "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ : در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

" کتاب حاضر، حاصل **پایان‌نامه کارشناسی ارشد** نگارنده در رشته **بهداشت حرفه ای** است که در سال **۱۳۸۸** در دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی **دکتر غلامرضا موسوی**، مشاوره **دکتر علی خوانین**از آن دفاع شده است.

ماده ۳ : به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به "دفتر نشر آثار علمی" دانشگاه اهداء کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ : در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به‌عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تادیه کند.

ماده ۵ : دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت‌های بهای خسارت، دانشگاه مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶ : اینجانب **حمیدرضا مکرمی** دانشجوی رشته **بهداشت حرفه ای** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی

تاریخ و امضا

با حمد و ثنای یگانه قادر بی همتا

و تقدیم به پدر و مادرم که عمر و زندگی خویش را وقف پیشرفت من نمودند.

امید که درخت زندگیشان همواره پایدار و سرشار از شکوفه‌های عزت و سربلندی باشد.

با تشکر و قدردانی فراوان از

استاد راهنمای گرانقدر و عزیزم جناب آقای دکتر غلامرضا موسوی که در تمامی مراحل این تحقیق اینجانب را دلسوزانه یاری کردند و در راه کسب دانش از هیچ مساعدتی دریغ نورزیدند.

استاد مشاور ارجمندم جناب آقای علی خوانین که در طی دوره تحصیل همواره با گشاده‌رویی اینجانب را مشاوره و راهنمایی می‌نمودند.

و با سپاس از

همه اساتید گرامی و ارجمند گروه بهداشت حرفه‌ای که در پیمودن مسیر علمی به اینجانب کمک شایانی نمودند.

کارشناس محترم آزمایشگاه جناب آقای مهندس سلیمانی و منشی محترم گروه بهداشت حرفه‌ای و محیط، سرکار خانم خلیلی که در طول دوره تحصیل مساعدت‌های زیادی را به اینجانب ارزانی داشتند.

دوست و هم اتاقی عزیزم جناب آقای امیر شجاعی که در فراهم آوردن این مجموعه اینجانب را یاری کردند.

چکیده

مقدمه: فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری، یک روش کارآمد برای تصفیه ترکیبات آلی فرار از جریان هوا می‌باشد. این تحقیق با هدف بررسی کارایی فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری در حذف زایلن از جریان هوا و همچنین تأثیر اثر زمان ماند، دوز ازن ورودی و رطوبت نسبی بر کارایی این فرایند انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه، یک راکتور در مقیاس آزمایشگاهی ساخته شد و کارایی کربن فعال و ازن‌زنی به‌تنهایی و فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری در حذف غلظت‌های مختلف زایلن بررسی شد. علاوه بر این، کارایی فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری در حذف زایلن در میزان جریان‌های مختلف هوا (زماند ماند)، دوز ازن و رطوبت نسبی مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد، ظرفیت حذف زایلن در فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری، به طور قابل محسوسی بیشتر از کربن فعال و ازن‌زنی به‌تنهایی است. کربن فعال در حضور ازن به عنوان کاتالیزور عمل کرده و باعث افزایش راندمان تجزیه زایلن شده است. با افزایش دوز ازن و کاهش زمان ماند در ورودی راکتور، ظرفیت سیستم در حذف زایلن افزایش یافت. همچنین با افزایش رطوبت نسبی از ۵٪ به ۵۰٪، کارایی سیستم در حذف زایلن ارتقاء یافت. اما با افزایش بیشتر رطوبت نسبی ورودی به بالای ۵۰٪، کارایی سیستم تنزل یافت.

نتیجه گیری: سیستم ازن‌زنی کاتالیزوری می‌تواند به عنوان روش مناسب با کارایی بالا برای حذف زایلن از جریان هوای آلوده در غلظت‌های بالا استفاده شود. این سیستم می تواند به راحتی برای تبدیل وضعیت سیستم‌های جذب کربن فعال نصب شده به ازن‌زنی کاتالیزوری استفاده شود.

کلید واژه‌ها: ترکیبات آلی فرار، زایلن، جذب، کربن فعال، ازن، ازن‌زنی کاتالیزوری

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱. مقدمه ۲

۱-۲. اهداف تحقیق ۶

۱-۲-۱. هدف اصلی طرح: ۶

۱-۲-۲. اهداف جزئی: ۶

۱-۳. زایلن ۶

۱-۳-۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی ۷

۱-۳-۲. اثرات زیان‌آور ۷

۱-۳-۲-۱. تأثیر بر روی حیوان ۸

۱-۳-۲-۲. تأثیر بر روی انسان ۹

۱-۳-۲-۳. علایم و نشانه‌های در معرض قرارگیری ۱۰

۱-۳-۳. مقادیر حد آستانه مجاز ۱۰

۱-۳-۴. روش‌های اندازه‌گیری ۱۰

۱-۴. روش‌های کنترل گازها و بخارهای آلاینده‌ی هوا ۱۴

۱-۴-۱. روشهای تجزیه‌ای ۱۵

۱-۴-۱-۱. اکسیداسیون VOCها ۱۵

۱-۴-۱-۲. تصفیه بیولوژیکی VOCها ۲۰

۱-۴-۱-۲. بازیابی VOCها ۲۲

۱-۵. ازن ۳۰

۱-۵-۱. تاریخچه ازن ۳۰

۱-۵-۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ازن ۳۰

۱-۵-۳. تولید ازن ۳۰

۱-۵-۳-۱. تولید ازن به وسیله تخلیه کرونا ۳۱

۱-۵-۳-۲. تولید ازن به روش فتوشیمیایی ۳۲

۱-۵-۳-۳. تولید ازن با استفاده از الکترولیت ۳۳

۱-۵-۳-۴. تولید ازن از طریق رادیو شیمی ۳۳
۱-۵-۴. آماده سازی گاز ورودی به ژنراتور ازن ۳۳
۱-۵-۵. سیستم های تخریب گاز خروجی از راکتور ۳۴
فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته ۳۵
۲-۱. مقدمه ۳۶
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۴۰
۳-۱. بررسی منابع علمی و تدوین متغیرها ۴۱
۳-۲. مشخصات سیستم آزمایشی مورد استفاده ۴۲
۳-۲-۱. طراحی و ساخت راکتور ۴۲
۳-۲-۲. ژنراتور تولید ازن ۴۳
۳-۲-۳. شبکه لوله کشی ۴۵
۳-۲-۴. سایر متعلقات ۴۵
۳-۳. جاذب سطحی ۴۶
۳-۴. سیستم غلظت سازی آلاینده در فاز گازی ۴۶
۳-۵. اندازه‌گیری غلظت زایلن در فاز گازی ۴۷
۳-۶. سیستم تولید رطوبت ۴۷
۳-۷. مراحل انجام آزمایش‌ها ۴۸
۳-۷-۱. بررسی کارایی کربن فعال، ازن‌زنی کاتالیزوری در حذف زایلن ۴۸
۳-۷-۲. بررسی اثر رطوبت نسبی، زمان ماند و دوز ازن ۴۸
۳-۸. بررسی مورفولوژیکی کربن فعال با روش ۴۸
۳-۹. بهداشت و ایمنی ۴۹
فصل چهارم: نتایج و یافته‌ها ۵۰
۴-۱. کارایی کربن فعال در حذف غلظت‌های مختلف زایلن از جریان هوا ۵۱
۴-۲. کارایی ازن در حذف غلظت‌های مختلف زایلن از جریان هوا ۵۲
۴-۳. کارایی ازن‌زنی کاتالیزوری (کربن فعال و ازن) در حذف زایلن از جریان هوا ۵۳

۴-۴. مقایسه کارایی سیستم کربن فعال و فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری ۵۴
۴-۵. اثر میزان رطوبت نسبی هوای ورودی بر کارایی فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری ۵۷
۴-۶. اثر دوز ازن بر کارایی فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری در حذف زایلن ۵۸
۴-۷. اثر میزان جریان هوا (زمان ماند) بر کارایی فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری ۵۹
۴-۸. تصویر میکروسکوپ الکترونی کربن فعال ۶۱
فصل پنجم: بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۶۲
۵-۱. بحث ۶۳
۵-۲. نتیجه‌گیری ۷۱
۵-۳. پیشنهادها ۷۲
فهرست منابع ۷۳
چکیده انگلیسی ۸۴

فهرست شکل‌ها

شکل۱- ۱. راهکارهای کنترل VOCهای آلاینده هوا ۱۵

شکل۱- ۲. اکسیداسیون حرارتی گرمایی.....۱۸

شکل۱- ۳. اکسیداسیون کاتالیزوری ۱۹

شکل۱- ۴. بیوفیلتراسیون ۲۱

شکل۱- ۵. بازیابی غشایی ۲۷

شکل۱- ۶. سیستم جاذب کربنی احیایی دو بستری ۲۹

شکل۳- ۱. مراحل انجام تحقیق ۴۱

شکل۳- ۲. شماتیک سیستم آزمایش مورد استفاده در مطالعه ۴۳

شکل۳- ۳. تصویر کامل سیستم آزمایشی در حال کار.....۴۵

شکل۴- ۱. تصویر میکروسکوپ الکترونی کربن فعال تازه ۶۱

شکل۴- ۲. تصویر میکروسکوپ الکترونی کربن فعال بعد از در معرض قرارگیری در برابر ازن.....۶۱

فهرست نمودارها

نمودار۴- ۱. زمان ظهور زایلن در خروجی سیستم کربن فعال در غلظت‌های مختلف ۵۲

نمودار۴- ۲. کارایی حذف زایلن در سیستم کربن فعال در غلظت‌های مختلف ۵۳

نمودار۴- ۳. کارایی حذف زایلن در فرآیند ازن زنی ۵۴

نمودار۴- ۴. زمان ظهور زایلن در فرآیند کاتالیزوری در غلظت‌های مختلف.....۵۵

نمودار۴- ۵. کارایی حذف زایلن در فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری در غلظت‌های مختلف ۵۶

نمودار۴- ۶. مقایسه زمان ظهور زایلن در سیستم کربن فعال با فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری ۵۶

نمودار۴- ۷. مقایسه ظرفیت حذف زایلن در سیستم کربن فعال با فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری.....۵۷

نمودار۴- ۸. ظرفیت جذب سطحی زایلن در فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری در رطوبت‌های مختلف ...۵۸

نمودار۴- ۹. ظرفیت حذف زایلن در فرآیند ازن زنی کاتالیزوری در دوزهای مختلف ازن.....۵۹

نمودار۴- ۱۰. زمان ظهور زایلن در فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری ۶۰

نمودار۴- ۱۱. ظرفیت حذف زایلن در فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری ۶۰

فصل اول

کلیات

۱-۱. مقدمه

یکی از دستاوردهای مهم بشر در سال‌های اخیر، رشد سریع صنایع مختلف و گسترش ساخت مواد شیمیایی گوناگون می‌باشد. در کنار این پیشرفت‌ها که آسایش و راحتی انسان‌ها را در پی داشته است، مسائل و مشکلات عدیده‌ای از جمله آلودگی محیط زیستی و به ویژه آلودگی هوا را به‌همراه داشته است که به‌تدریج به یکی از دغدغه‌های مهم جامعه بشری تبدیل شده است. آلودگی هوا طبق تعریف عبارت است از وجود یک یا چند ماده و یا مخلوطی از مواد مختلف در هوا به مقدار یا مدت زمانی که باعث ایجاد عوارض بهداشتی و زیست محیطی شده یا مانع استفاده راحت از زندگی شود [۱]. منابع آلودگی هوا به دو دسته طبیعی و انسان ساخت تقسیم بندی می‌شود. با توجه به توسعه و پیشرفت صنایع مختلف و تکنولوژی، توسعه شهرها، ازدیاد جمعیت و افزایش وسایل نقلیه موتوری، سهم منابع انسان-ساخت در انتشار برخی از آلاینده‌ها، بیشتر از منابع طبیعی است [۲]. یکی از عوامل مهم آلودگی هوا به ویژه در محیط‌های بسته، ترکیبات آلی فرار[1] (VOCs) می‌باشد. VOCها طیف گسترده‌ای از ترکیبات آلی با نقطه جوش پایین‌تر از ۱۰۰ و یا فشار بخار بیشتر از ۱ اتمسفر در ۲۵ درجه سانتی‌گراد را شامل می-شوند. به تعبیر دیگر، VOCها مواد مایع یا جامدی هستند که محتوی کربن، هیدروژن، نیتروژن یا گوگرد هستند که با سرعت چشم‌گیری تبخیر می‌شوند. این ترکیبات بعد از ذرات معلق بیشترین فراوانی و تنوع انتشار را دارا هستند. این گروه از این ترکیبات از نظر اقتصادی اهمیت زیادی داشته و شامل هزاران ترکیب گوناگون هستند که بسیاری از آنها به عنوان حلال و سوخت‌های مایع مورد استفاده قرار می-

[1] Volatile Organic Compounds

گیرند. VOCها معمولی‌ترین آلاینده‌های منتشره از صنایع شیمیایی و پتروشیمی هستند. با توجه به این-که انتشار بخارهای این ترکیبات برای سلامت انسان و محیط مضر است، کنترل انتشار آن‌ها از مهمترین الزامات قانونی محیط زیستی صنایع می‌باشد. بطور مثال، مطابق با تحقیقات علوم اکادمی ملی[1]، آزاد شدن ترکیبات حاوی کلر و کلرو فلوئورمتان‌ها در اتمسفر، باعث جذب و انتشار امواج مادون قرمز می‌شود. اگر گرمای از دست رفته از زمین دوباره به سمت زمین برگردد، دمای زمین افزایش می‌یابد و بر روی آب و هوا تأثیر می‌گذارد. مطالعات بر روی سرطان‌زایی برخی از انواع هیدروکربن‌ها نشان می‌دهد که افراد بعلت تماس با هیدروکربن‌های آروماتیک موجود در دوده و قطران به برخی از سرطان‌ها دچار شده‌اند. در اتمسفر، هیدروکربن‌ها در حضور نور خورشید با NO_X، تحت شرایط اکسیداسیون فتوشیمیایی ترکیب شده و تولید مه دود فتوشیمیایی می‌کنند که از نظر محیط زیستی بسیار خطرناک هستند [۳].

یکی از VOCهایی که کاربرد زیادی در صنعت دارد، زایلن می‌باشد. این ماده از طریق استنشاق، بلع و تماس با چشم و پوست، جذب بدن می‌شود و باعث ایجاد عوارضی در بدن می‌گردد. از جمله‌ی این عوارض تحریک چشم و غشای مخاطی در غلظت زیر ۲۰۰ppm و عوارض تخدیری در غلظت بالاتر است [۴و۵]. بلعیدن آن می‌تواند باعث تهوع، اسهال، استفراغ، درد معده و روده و بروز هپاتیت سمی می‌شود [۶]. استنشاق یا مواجهه با غلظت بالایی از زایلن باعث پنومونی شیمیایی، خونریزی در مسیرهای هوایی و ادم ریوی می‌شود [۶و۷]. تماس مزمن با زایلن ممکن است باعث کند شدن سیستم اعصاب مرکزی، آنمی، خونریزی موکوسی، هیپر پلازی[2] مغز استخوان، بزرگ شدن کبد و نفروز شود. تماس مکرر پوست با زایلن همچنین می‌تواند باعث خشک شدن و درماتیت پوست گردد [۶].

با توجه به فراریت بالای زایلن، این ترکیب هنگام تولید یا مصرف به صورت بخار وارد هوا می-شود و همان‌گونه۳ که اشاره شد، ممکن است مشکلات بهداشتی زیادی را برای کارگرانی که در معرض آن هستند ایجاد نماید، لذا هوای حاوی زایلن منتشره از واحدهای صنعتی باید جمع‌آوری و تصفیه شود.

---

[1] National Academy of Sciences

[2] افزایش غیر طبیعی تعداد سلول‌های یک ارگان یا بافت که موجب افزایش حجم آن قسمت می‌شود (Hyperplasia)

روش‌های که تاکنون برای حذف زایلن از هوای محیط کار می‌روند، در اکثر مواقع دارای معایبی هستند که استفاده از آنها را محدود می‌کند. از جمله متداول‌ترین فرآیندهای مورد استفاده برای حذف VOCها، روش جذب سطحی می‌باشد [۱۰-۸]. درمیان جاذب‌های مختلفی که در فنآوری جذب سطحی جداسازی استفاده می‌شوند، کربن فعال به علت سادگی کار با آن، هزینه‌های عملیاتی پایین و بازیافت مؤثر اغلب VOCها از آن، بطور گسترده به‌منظور حذف VOCها از هوای آلوده در صنایع استفاده می‌شود [۳و۱۱]. کارایی کربن فعال در حذف آلایندها از هوای آلوده در دهه‌های اخیر به اثبات رسیده است [۳] و در حال حاضر، روش جذب سطحی با جاذب کربن متخلخل، گسترده‌ترین روش تصفیه هوای حاوی ترکیبات فرار از هوا است [۱۲]. از مهمترین معایب این روش کاهش کارایی آن در زمانی است که با مواد جذب شده سطحی به حالت اشباع یا تعادل رسیده، در نتیجه نیاز به احیای مکرر آن و به دنبال آن افزایش هزینه است. همچنین فرآیند جذب سطحی فقط باعث تغییر فاز آلاینده از هوا به روی جسم جامد می‌شود [۳]. از دیگر فرآیندهای مورد استفاده برای تصفیه VOCها، روش اکسیداسیون شیمیایی بویژه استفاده از گاز ازن است. این گاز پتانسیل اکسیداسیون زیادی داشته و بیشتر ترکیبات آلی فرار را اکسید می‌کند و اکسیژن و دیگر محصولات جانبی اکسیداسیون را تولید می‌کند [۹و۱۳]. در واقع ازن با بیشتر ترکیبات آلی فرار واکنش داده و این مواد را اکسید می‌کند. از معایب مهم آن، خطر تأثیر سلامتی حاد و احتمالاً مزمن آن حتی در غلظت‌های جزئی در هوا است [۱۴].

اخیراً یکی از روش‌های مؤثر جهت حذف آلایندهای آلی به ویژه از آب یا فاضلاب و تا حدی هوا، استفاده ترکیبی از جاذب سطحی و ازن بعنوان ازن زنی‌کاتالیزوری جهت بازیابی جاذب سطحی می‌باشد [۱۳و۱۵]. لذا به نظر می‌رسد استفاده ترکیبی از ازن به عنوان یکی از قوی‌ترین اکسیدکننده‌ها و کربن فعال به عنوان متداول‌ترین روش حذف ترکیبات آلی [۹،۱۳و۱۶]، می‌تواند معایب استفاده از هریک از آنها را به‌تنهایی جبران نموده و منجر به بهبود عملکرد آن‌ها درتصفیه ترکیبات آلی فرار در هوا گردد. مطالعات نشان می‌دهد که در این فرآیند تصفیه ترکیبی، جاذب سطحی ممکن است بر اساس دو فرآیند بعنوان کاتالیزور عمل نماید و باعث افزایش کارایی فرآیند حذف گردد. این دو فرآیند عبارتند از: شکستن

مولکول‌های ازن به اتم‌های اکسیژن و ایجاد یک بستر محصور کننده جهت افزایش زمان ماند برای واکنش بین ازن وVOCها می‌باشد [۱۳،۱۶و۱۷]. همچنین نتایج تحقیقات دیگر در این زمینه نشان می-دهد که ازن باعث اصلاح ویژگی‌های بافتی و شیمیایی سطح جاذب سطحی و در نتیجه افزایش کارایی آن می‌گردد [۱۸].

با توجه به موارد اشاره شده در منابع علمی درباره ویژگی‌ها و کارایی کربن فعال بعنوان گسترده‌ترین جاذب سطحی مورد استفاده در حذف VOCها که در بالا آورده شد و همچنین با توجه به اینکه یکی از روش‌های حذف ازن در هوا استفاده از کربن فعال است (ازن بوسیله فرآیند جذب شیمیایی توسط کربن فعال از جریان هوا تصفیه می شود) [۱۸]، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده‌ی ترکیبی از ازن به عنوان یکی از قوی‌ترین اکسنده‌ها وجذب سطحی به عنوان متداول‌ترین روش حذف ترکیبات آلی [۹،۱۳و۱۶]، می تواند معایب استفاده از هریک از آنها را به تنهایی جبران نموده و منجر به بهبود عملکرد آنها درتصفیه ترکیبات آلی فرار از هوا گردد. همان طور که قبلاً ذکر شد از معایب اصلی استفاده از کربن فعال، اشباع شدن و در نتیجه کاهش کارایی آن در مدت زمان کم، و از معایب اصلی استفاده از ازن، خطر آزاد شدن آن در محیط است. با به‌کارگیری ترکیبی از این دو روش، علاوه بر اینکه ازن باعث اکسید کردن ترکیبات آلی فرار جذب سطحی شده بر روی کربن فعال می گردد، خود جانشین این ترکیبات شده و باعث می‌شود که زمان اشباع شدن کربن فعال افزایش یابد که این به نوبه خود کارایی کربن فعال در حذف آلاینده را افزایش خواهد داد و همچنین از آزاد شدن ازن به محیط جلوگیری خواهد شد [۱۳و۱۶].

۱-۲. اهداف تحقیق

۱-۲-۱. هدف اصلی طرح

بررسی حذف زایلن از جریان هوای آلوده در فرآیند ازن‌زنی کاتالیزوری

۱-۲-۲. اهداف جزئی

-تعیین کارایی‌کربن فعال در حذف زایلن از جریان هوا

-تعیین کارایی ازن در حذف زایلن از جریان هوا

-تعیین اثر غلظت زایلن بر حذف آن از جریان هوا در فرآیند ازن زنی کاتالیزوری

-تعیین اثر زمان تماس بر حذف زایلن از جریان هوا در فرآیند ازن زنی کاتالیزور

۱-۳. زایلن

زایلن یک ماده غیر قابل انفجار و از ترکیبات آلی فرار است. از این ماده به طور گسترده در صنایع شیمیایی و پتروشیمی استفاده می‌شود. زایلن به عنوان حلال در صنایع مختلف از جمله لاستیک‌سازی و چاپ، به عنوان رقیق کننده در رنگ، لاک و جوهر و در ساخت فیبرهای مصنوعی و سوخت هواپیما کاربرد دارد. در سال ۲۰۰۲ تولید زایلن در ایالت متحده به‌تنهایی بیش از ۴ میلیون تن برآورد شده است. این ماده از دو منبع اصلی تولید می‌شود که یک روش آن تبدیل کاتالیزوری بنزن و معطرسازی هیدروکربن‌های زنجیری و راه دیگر در کوره‌های کک‌سازی است که به عنوان یک محصول فرعی تولید می‌شود. تولید کلی به شکل مخلوط بنزن، تولوئن و زایلن است که بیشتر از آن به عنوان افزاینده به بنزین جهت کاهش درجه اکتان استفاده می‌شود [۱۹].

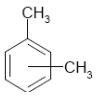
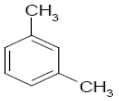
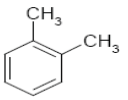
۱-۳-۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی

زایلن دارای فرمول شیمیایی C_8H_{10} می‌باشد. نام‌های مترادف آن دی‌متیل‌بنزن، زایلول، متیل تولوئن و ۴ و۱ دی متیل بنزن است و دارای سه ایزومر اُرتو- زایلن، متا- زایلن و پارا- زایلن می‌باشد. این ماده، مایعی شفاف، بی رنگ، قابل اشتعال با خصوصیت تبخیری بالا، بوی شیرین و بسیار قوی است. ویژگی-های فیزیکی و شیمیایی زایلن در جدول ۱-۱ آورده شده است [۳-۱].

۱-۳-۲. اثرات زیان‌آور

با توجه به خاصیت چربی دوستی زایلن، این ماده از طریق همه مسیرهای در معرض قرارگیری، جذب بدن می‌شود و ممکن است باعث ایجاد عوارضی گردد. در ادامه اثرات زایلن برروی حیوان و انسان توضیح داده می‌شود.

جدول ۱-۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی زایلن

ویژگی‌ها	مخلوط زایلن	متا- زایلن	ارتو- زایلن	پارا- زایلن
نام‌های مترادف/ تجاری	۱،۳- دی متیل بنزن، زایلول،دی-متیل بنزن، متیل تولوئن	۱،۳- دی‌متیل بنزن، ام- دی متیل بنزن، ام- متیل تولوئن، ۱،۳- زایلن	۲،۱- دی‌متیل‌بنزن اُ-دی- متیل بنزن اُ- متیل تولوئن- ۱،۲- زایلن	۱،۴-دی‌متیل بنزن پی-دی-متیل بنزن پی-متیل تولوئن ۴،۱- زایلن
فرمول شیمیایی	C_8H_{10}	C_8H_{10}	C_8H_{10}	C_8H_{10}
ساختار شیمیایی				
وزن مولکولی	۱۰۶/۱۶ mg/L	۱۰۶/۱۶ mg/L	۱۰۶/۱۶ mg/L	۱۰۶/۱۶ mg/L
رنگ	شفاف	بی رنگ	بی رنگ	بی رنگ
حالت فیزیکی	مایع	مایع	مایع	مایع

ادامه جدول ۱-۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی زایلن

ویژگی‌ها		مخلوط زایلن	متا- زایلن	ارتو- زایلن	پارا- زایلن
نقطه ذوب		۱۳۷-۱۴۰	۱۳۹/۱	۱۴۴/۵	۱۳۸/۴
نقطه جوش		داده‌ای وجود ندارد	-۴۷/۸	-۲۵/۲	-۱۳/۲
چگالی (در دمای ۲۰-۴)		۰/۸۶۴ g/cm	۰/۸۶۴ g/cm	۰/۸۸۰ g/cm	۰/۸۶۱۱ g/cm
بو		شیرین	شیرین	شیرین	شیرین
آستانه بو در هوا		۱/۰ppm	۰/۵ ppm	۰/۵ ppm	۰/۵ ppm
حلالیت	آب	۱۰۶ mg/L	۱۶۱ mg/L	۱۷۸ mg/L	۱۶۲ mg/L
	حلال-های آلی	قابل حل در الکل و آب	قابل حل در الکل، آب و دیگر حلال‌ها	قابل حل در الکل و اتر	قابل حل در الکل، اتر و دیگر حلال‌های آلی
فشار بخار		۶/۷۲ mmHg at ۲۵°C	۸/۲۹ mmHg at ۲۵°C	۶/۶۱ mmHg at ۲۵°C	۸/۸۴ mmHg at ۲۵°C
دمای خودسوزی		۴۶۴	۵۲۷	۴۶۳	۵۲۸
نقطه اشتعال		۲۹	۲۷	۳۲	۲۷
محدوده اشتعال‌پذیری		داده‌ای وجود ندارد	۷/۰- ۱/۱ ٪	۷/۰- ۱/۰٪	۷/۰- ۱/۱ ٪

۱-۳-۲-۱. تأثیر بر روی حیوان

نتایج تحقیقات انجام گرفته بر روی حیواناتی که در معرض زایلن بوده‌اند، نشان می‌دهد که زایلن باعث مهار سیستم عصبی و تحریک چشم‌ها و پوست می‌شود. در موش‌های مادری که در طی دوره بارداری در معرض زایلن بوده‌اند، عوارضی از سمیت و نقص فیزیکی در جنین آنها مشاهده گردید [۲۰]. میزان LC_{50} در موش صحرایی برای ۴ ساعت استنشاق، برابر با ۵۰۰۰ ppm و LD_{50} خوراکی آن در گونه-

های مشابه برابر با mg/kg ۴۳۰۰ است. موش‌های صحرایی که در مدت زمان ۴-۲ ساعت در معرض ۱۶۰۰ppm زایلن بودند، علائمی از تحریک، کاهش وزن، افزایش شمار گلبول‌های قرمز، خواب آلودگی و مرگ را نشان دادند [۵]. درکالبد شکافی بافت بدن موش‌های صحرایی که به مدت ۷ روز در معرض ppm ۹۶۰ زایلن قرار داشتند، علایمی از احتقان کلیه‌ها، هیپرپلازی مغز استخوان و طحال مشاهده شد [۵]. زایلن در تماس با چشم حیوان، باعث تحریک ملتحمه، کدورت قرنیه، التهاب و اشک‌ریزی می‌شود [۶]. همچنین تماس مکرر پوست خرگوش با محلول حاوی ۱۰۰-۹۵ درصد زایلن، باعث قرمزی، تحریک ملایم و مقدار جزئی بافت مردگی می‌گردد [۵و۲۰]. در مطالعات انجام گرفته جهت بررسی اثرات مزمن استنشاق زایلن، موش‌های صحرایی و سگ‌های که برای ۶ ساعت در روز و به مدت ۶۵ روز در معرض ۸۰۰ppm زایلن بودند، هیچ گونه تأثیر قابل ملاحظه‌ای یافت نگردید [۲۱]. همچنین در مطالعات بلند مدتی که با روش گاواژ برروی موش‌ها صورت گرفت، هیچ‌گونه علایمی از سرطان‌زایی مشاهده نگردید [۵].

۱-۳-۲-۲. تأثیر بر روی انسان

زایلن در غلظت زیر ۲۰۰ppm باعث تحریک چشم و غشای موکوسی می‌شود و در غلظت‌های بالاتر، خواص مخدری[1] دارد [۴و۵]. میزان LD_{50} خوارکی زایلن برای انسان برابر با mg/kg ۵۰ می‌باشد [۲۲]. در یک حادثه که سه کارگر درمدت ۱۸/۵ ساعت در معرض غلظت تقریبی ۱۰۰۰ppm بودند، یکی از آنها فوت کرد و دو نفر دیگر پس از بیهوشی و فراموشی پس‌گستر[2]، اختلال در عملکرد کبد و کلیه در آنها ذکر شد [۶،۲۱ و۲۳]. خوردن زایلن باعث آسیب به دستگاه گوارش می‌شود و ممکن است باعث هپاتیت سمی شود [۶]. در اثر در معرض قرارگیری با غلظت‌های خیلی بالا از زایلن ممکن است پنومونیت (التهاب بافت ریه) شیمیایی، خونریزی درون مسیرهای هوایی و ادم ریوی در انسان ایجاد شود [۶و ۷].

[1] Narcotic
[2] Retrograde Amnesia