مقاله پژوهشی

مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره هفتم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳، صفحات ۴۶۹ تا ۴۸۰

بررسی آلاینده های هوای منتشره از واحد پخت ضایعات کشتارگاه صنعتی طیور و طراحی سیستم تهویه موضعی و پالایشگر مناسب جهت کنترل و تصفیه آلاینده‌ها

قاسم حسام[۱]، فرشید قربانی شهنا[*۲]، عبدالرحمن بهرامی[۳]

تاریخ دریافت:۹۳/۰۳/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: *از مهمترین ویژگی‌های واحد پخت ضایعات کشتارگاه‌ها، می‌توان به انتشار ترکیبات فرار و بوی ناخوشایند اشاره کرد که سبب مزاحمت برای افراد شاغل و ساکنان مجاور این صنعت می‌شود. به منظور جلوگیری از گسترش این آلاینده‌ها در محیط اطراف و ایجاد یک محیط زیست مناسب، نیاز به استفاده از فناوری‌های مناسب تصفیه است.*

روش بررسی: *در این مطالعه به منظور انتخاب سیستم تهویه و پالایشگرهای مناسب در قدم اول اقدام به نمونه‌برداری از هوای واحد پخت ضایعات، با اقتباس از روش‌های ۱۵۰۱، ۱۳۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۰۰۲ انیستیتو ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای شده است. تعداد ۲۴ نمونه از هوای منبع آلودگی، محیطی و منطقه تنفسی کارگران با استفاده از دو جاذب کربن‌فعال و سیلیکاژل نمونه‌برداری شده و توسط دستگاه GC-MS تجزیه و تحلیل گردید. سپس بر اساس نتایج آلاینده‌ها، سیستم تهویه موضعی طراحی شد. برای کنترل ذرات منتشره از دیگ پخت ضایعات از سیکلون مدل استایرمند با راندمان بالا و جهت کنترل آلاینده‌های گازی و بوی بد منتشره از دیگ پخت ضایعات نیز از اکسیدکننده حرارتی طراحی گردید.*

یافته‌ها: *در مجموع ۴۱ آلاینده شیمیایی در هوای خروجی از دیگ پخت ضایعات کشتارگاه شناسایی شده است که این ترکیبات شامل هیدروکربن‌ها، آلدئیدها، کتون‌ها، الکل‌ها، استرها، ترکیبات هالوژنه، ترکیبات گوگرددار، ترکیبات نیتروژن‌دار و اسیدها بوده است. نتایج طراحی سیستم تهویه نشان داد، سیستمی با دبی هواکش ۵۷۲۵ m^3/h و سیکلونی با قطر ۱ m و ارتفاع ۴ m می‌تواند ۵۰ درصد ذرات ۹/۴۵ μm را حذف کند. حذف آلاینده‌های گازی نیز توسط اکسیدکننده حرارتی با دبی گاز سوختی ۹۶ m^3/h و حجم محفظه ۷/۶۷ m^3 صورت می‌گیرد. هزینه سوخت مصرفی این پالایشگر نیز روزانه ۳۱۰۰۰۰ ریال برآورد شد.*

نتیجه‌گیری: *تهویه مناسب دیگ پخت ضایعات کشتارگاه‌های صنعتی و استفاده از پالایشگرهای تلفیقی جهت تصفیه هوای خروجی، می‌تواند حجم زیادی از آلاینده‌های ذره‌ای و گازی را حذف کند. کنترل این آلاینده‌ها می‌تواند سبب کاهش مزاحمت بویایی و آلودگی زیست محیطی و ارتقاء سطح سلامت و رفاه کارگران و ساکنان مناطق مجاور این صنعت شود.*

واژگان کلیدی: واحد پخت ضایعات کشتارگاه، ترکیبات آلی فرار، سیستم تهویه موضعی، سیکلون، اکسیدکننده حرارتی

۱- مربی گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران
۲- (نویسنده مسئول): دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشیار دانشکده بهداشت، قطب علمی بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. fghorbani@umsha.ac.ir
۳- دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، استاد دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

مقدمه

یکی از مهمترین ویژگی‌های واحد پخت ضایعات کشتارگاه‌ها، انتشار ترکیبات فرار و بوی ناخوشایند است که سبب مزاحمت برای افراد شاغل و ساکنان مجاور این صنعت شده است (۱). در واحد پخت کشتارگاه‌ها، ضایعات آلی طیور که شامل پر، امعاء و احشاء، طیور مرده، ضایعات جوجه‌کشی و ... است به محصولات با ارزشی مانند خوراک دام و کود تبدیل می‌شود. در این واحد، پرها معمولا در دمای ۱۴۰ تا ۱۵۰ ^{o}C تحت فشار ۲۷۶ تا ۳۴۵ kPa برای ۲۰ تا ۴۵ min جهت شکستن کراتینین، هیدرولیز می‌شود سپس با امعاء و احشاء ترکیب شده و توسط بخار آب در دمای ۱۲۱ تا ۱۳۵ ^{o}C تحت فشار ۱۷۲ تا ۵۱۷ kPa عمل پخت انجام می‌شود. در هر دو این مراحل، ترکیبات آلی فرار (VOC) تولید شده که برخی از آنها دارای بوی نامطبوع است (۲، ۳).

ترکیبات بوداری که از واحد پخت ضایعات طیور انتشار می‌یابند شامل هیدروژن سولفید، آمونیاک، سولفیدهای آلی، دی‌سولفیدها، مرکاپتان‌ها، آلدئیدها (مخصوصا آلدئیدهای C-4 تا C-7)، آمین‌ها (تری متیل آمین و آمین‌های C-4)، کینولین، دی‌متیل پیرازین و دیگر پیرازین‌ها، ایندول، اسکاتول و اسیدهای آلی C-3 تا C-6 است. علاوه بر این مقادیر کمتری از الکل‌های C-4 تا C-7، کتون‌ها، هیدروکربن‌های آلیفاتیک و ترکیبات معطر بطور بالقوه منتشر می‌شوند (۱، ۲، ۴).

تحقیقات نشان داد که پردازش ضایعات نه تنها بوی ناخوشایند منتشر می‌کند بلکه باعث انتشار برخی از آلاینده‌های بسیار خطرناک نیز می‌شود. به منظور جلوگیری از گسترش این آلاینده‌ها در محیط اطراف و ایجاد یک محیط زیست مناسب، نیاز به توسعه فناوری‌های مناسب تصفیه است (۵). از پالایشگرهایی که برای این فرایند استفاده می‌شوند می‌توان به جاذب کربنی برای غلظت‌های گازی پایین، اکسیداسیون حرارتی و کاتالیستی برای غلظت‌های گازی متوسط و نسبتا بالا و اسکرابر شیمیایی و بیوفیلتر برای غلظت‌های بالا اشاره کرد (۴).

Dincer و همکاران (۲۰۰۶) آلاینده های منتشره از واحد پخت ضایعات حیوانی را ۴۹ ترکیب آلی فرار گزارش کردند که شامل آلکان‌ها، آلکن‌ها، کربونیل‌ها، هیدروکربن‌های آروماتیک، کلرینه‌ها و دیگر ترکیبات هالوژنه و کلریدهای آلی و همچنین اسیدهای چرب فرار است (۶). Jozi و همکار (۲۰۱۲) غلظت آلاینده‌های نیتروژن‌دار، گوگرددار و مونوکسید کربن را در یکی از کشتارگاه‌های تهران بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت این آلاینده‌ها پایین‌تر از حد مجاز است (۷).

مطالعات نشان داد استفاده از کندانسور جهت کنترل بوی واحد پخت ضایعات، رضایت‌بخش بوده است (۸). همچنین راندمان اسکرابر مرطوب و بیوفیلتر را در حذف VOCهای منتشره از واحد پخت ضایعات حیوانی، به ترتیب ۲۳ تا ۶۴ و ۴۰ تا ۱۰۰ درصد گزارش کردند (۲، ۳). دمای احتراق مناسب برای سوزاندن VOCها و تبدیل آنها به دی‌اکسیدکربن و بخار آب را بین ۷۰۰ تا ۱۴۰۰ ^{o}C پیشنهاد کردند. استفاده از کاتالیزور پلاتین، پالادیوم و روبیدیم، دمای مورد نیاز این فرآیند را به ۳۰۰ تا ۷۰۰ ^{o}C کاهش می‌دهد(۹).

کشتارگاه‌های صنعتی طیور بسیار زیادی در کشور ایران فعالیت می‌کنند و روزانه حجم زیادی آلاینده را در هوای اطراف منتشر می‌کنند. بررسی منابع موجود نشان داده است هیچ مطالعه‌ای که نتایج آن بطور رسمی منتشر شده باشد در زمینه بررسی آلاینده‌های هوای واحد پخت ضایعات کشتارگاه در کشور ایران انجام نشده است و با توجه به اینکه ممکن است آلاینده‌های منتشره تاثیری نامطلوبی بر سلامت شاغلین و محیط زیست گذارد، ارزیابی آلاینده های این صنعت و پیشنهاد پالایشگر مناسب را ایجاب می‌کند. جهت جلوگیری از اثرات بهداشتی و زیست محیطی این آلاینده‌ها و ایجاد مزاحمت برای ساکنین مناطق مجاور و ممانعت از تعطیلی این صنایع توسط مراجع قانونی ذیصلاح، بهترین و موثرترین روش کنترل این آلاینده‌ها، کنترل در منبع انتشار است. بدین منظور پیش‌بینی می‌شود، بکارگیری سیستم‌های تهویه موضعی و پالایشگرها، بطور چشم‌گیری از انتشار آلاینده‌ها در منبع تولید ممانعت بعمل آورد. این مطالعه با هدف بررسی آلاینده

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

های هوای منتشره از واحد پخت ضایعات کشتارگاه صنعتی و طراحی سیستم تهویه موضعی و پالایشگر مناسب جهت کنترل و تصفیه آلاینده‌ها انجام شده است.

مواد روش‌ها

توصیف محل مطالعه

واحد پخت ضایعات کشتارگاه مورد مطالعه دارای یک دیگ بخار و دو دیگ پخت ضایعات است که ظرفیت دیگ بخار ۵۰۰۰ kg/h و ظرفیت هر دیگ پخت ۵۰۰۰ kg ضایعات خیس است که پس از پخت و تبخیر آب موجود در ضایعات، پودر گوشت تولیدی ۲۰۰۰ kg است. عمل پخت در دمای ۱۲۰ ^{o}C و تحت فشار ۳۰۰ kPa طی مدت ۴ h انجام می‌شود.

نمونه برداری و تجزیه آلاینده‌ها

جهت شناسایی و تعیین تراکم آلاینده‌های منتشره از دیگ پخت ضایعات، نمونه‌برداری از هوای خروجی دیگ پخت، هوای محیطی و هوای منطقه تنفسی کارگران انجام شد. نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها توسط پمپ نمونه‌بردار فردی و با دو جاذب زغال فعال و سیلیکاژل و سه حلال دی سولفیدکربن، تولوئن و متانول با اقتباس از روش‌های ۱۵۰۱، ۱۳۰۰، ۱۶۰۰ و ۲۰۰۲ انیستیتو ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (NIOSH) انجام شد (۱۰). تعداد نمونه‌های گرفته شده از منبع آلاینده و نمونه محیطی برای هر جاذب ۳ عدد بوده است (۱۱). برای نمونه فردی بدلیل اهمیت مواجهه فردی برای هر جاذب ۶ عدد نمونه گرفته شده است. تعداد نمونه‌های شاهد نیز ۲ عدد بوده است. مدت زمان نمونه‌برداری با توجه به پیش آزمونی که قبلا جهت کنترل فرار آلاینده‌ها انجام شده بود بین ۴۰ تا ۹۰ min در نظر گرفته شد. دبی نمونه‌برداری نیز با استفاده از دبی‌سنج دیجیتال بر روی ۰/۲ L/min تنظیم شد. پس از نمونه‌برداری، ورودی و خروجی جاذب‌ها توسط درپوش پلاستیکی بخوبی مهرو موم شد تا از آلودگی ثانویه یا تلفات آلاینده جذب شده در حین حمل و نقل جلوگیری شود. نمونه‌ها در یخدان (cool box) قرار گرفته و ظرف کمتر از ۲۴ h جهت آماده سازی و تجزیه به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

از حلال متانول با خلوص ۹۹ درصد برای آماده‌سازی نمونه‌های سیلیکاژل و از حلال‌های دی‌سولفیدکربن با خلوص ۹۹/۵ درصد و تولوئن با خلوص ۹۹/۵ درصد برای آماده سازی نمونه‌های زغال فعال استفاده شده است. از ۳ نمونه زغال فعالی که در هر محل نمونه‌برداری شد ۲ نمونه با محلول دی‌سولفیدکربن و یک نمونه با محلول تولوئن آماده‌سازی شد. استفاده از حلال تولوئن جهت بررسی آلاینده دی‌سولفیدکربن در نمونه‌ها بوده است. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، جداسازی و تعیین مقدار توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل CP-3800 با طیف سنج جرمی مدل Saturn-2200 ساخت شرکت VARIAN با استفاده از ستون موئینه VOCOL با طول ۶۰ m و قطر داخلی ۰/۲۵ mm و ضخامت فیلم ۱/۵ µm و گاز حامل هلیم با دبی ۱ mL/min صورت پذیرفت. برنامه دمایی ۴۰ min بود که از دمای ۳۵ ^{o}C شروع شد و ۵ min در این دما باقی ماند. سپس با نرخ ۵ $^{o}C/min$ افزایش یافت تا به ۱۸۰ ^{o}C رسید. دمای تزریق ۲۰۰ ^{o}C است. تعیین سطح زیر پیک و اندازه گیری‌های کروماتوگرافیک با استفاده از نرم افزار Varian Workstation انجام پذیرفت. شناسایی کیفی ترکیبات مورد مطالعه با استفاده از داده‌های کتابخانه نرم‌افزاری تفسیر طیف جرمی موسسه ملی استاندارد و فناوری (NIST) نسخه ۹۸ و نیز تطبیق زمان ماند نمونه‌های استاندارد آلاینده‌ها انجام شد. آلاینده‌های مهم‌تر از لحاظ اثرات سم‌شناسی، آلودگی هوا و امکان‌پذیری سنجش نیز کمی‌سازی شدند.

طراحی سیستم تهویه

- انتخاب سیستم تهویه استاندارد

با توجه به اینکه هیچ استانداردی جهت تهویه موضعی دیگ پخت ضایعات کشتارگاه یافت نشد، دبی سیستم تهویه موضعی بر اساس ظرفیت تولید بخار دیگ بخار و حجم بخاری که از حرارت دادن ضایعات تولید می‌شود، بر اساس روابط ۱ تا ۴ محاسبه گردید (۱۲). دبی جرمی بخار آب خروجی از دیگ پخت از طریق جمع دبی جرمی دیگ بخار با دبی جرمی بخار

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

آب موجود در ضایعات محاسبه شد (روابط ۱ و ۲).

$$Q_m = Q_{m\,boiler} + Q_{m\,waste\,water} \quad (۱)$$

$$Q_{m\,waste\,water} = \frac{m_{waste\,water}}{t_{cook}} \quad (۲)$$

که در این روابط دبی جرمی بخار آب خروجی از دیگ پخت ضایعات (kg/h)، دبی جرمی بخار آب خروجی از دیگ بخار (kg/h)، جرم آب موجود در ضایعات (kg) و مدت زمان پخت (h) است. با داشتن دما و فشار بخار آب داخل دیگ پخت، حجم مخصوص بخار آب بدست می‌آید. از حاصل ضرب دبی جرمی بخار آب در حجم مخصوص بخار آب، دبی حجمی بخار آب محاسبه شد (رابطه ۳).

$$Q_V = Q_m \times V_g \quad (۳)$$

در این رابطه دبی حجمی بخار آب خروجی از دیگ پخت ضایعات (m^3/h) و حجم مخصوص بخار آب (m^3/kg) است. جهت افزایش اطمینان، ۱۵ درصد به دبی حجمی محاسبه شده اضافه شد و دبی مورد نیاز سیستم تهویه موضعی بدست آمد.

- کانال‌کشی و محاسبه افت‌های سیستم تهویه

روش محاسبات سیستم تهویه طبق روش فشار سرعت که توسط کمیته تهویه صنعتی آمریکا معرفی شده است، انتخاب گردید. در این روش کلیه افت‌های ناشی از اصطکاک و افت‌های دینامیک سیستم، به صورت ضریبی از فشار سرعت سیستم معرفی می‌گردد. افت ورودی هود با توجه به شکل و وضعیت فیزیکی آنها به طور تجربی اندازه‌گیری و به صورت ضریب افت ورودی هود معرفی شده است. با توجه به مقتضیات محیط و شرایط کار، در سیستم تهویه موضعی از زانوئی، ورودی و اتصالات دیگر استفاده گردید که هر کدام عامل ایجاد افت فشار هستند و با استفاده از جداول راهنما، مقدار افت بر حسب فشار سرعت قابل محاسبه است (۱۳).

- روش انتخاب و طراحی پالایشگر

آلاینده‌های منتشره از دیگ پخت ضایعات شامل آلاینده‌های ذره‌ای و گازی است، که جهت کنترل ذرات از سیکلون و جهت کنترل گازها از اکسید کننده حرارتی استفاده شده است.

طراحی سیکلون

گام اول در طراحی سیکلون، انتخاب مدل سیکلون با توجه به شرایط موجود بود. در این مطالعه جهت حذف درصد بالایی از ذرات از سیکلون با راندمان بالای مدل استایرمند (Stairmand) استفاده شده است. سپس با توجه به حداقل دبی مورد نیاز، قطر بدنه و سایر ابعاد هندسی سیکلون به کمک جدول راهنما تعیین شد (۱۴). بازده سیکلون با توجه به سرعت جریان هوای ورودی به سیکلون، تعداد دور چرخش مفید سیال در داخل سیکلون و دانسیته ذره و گاز، توسط رابطه ۴ (۱۵):

$$d_{pc} = \left[\frac{9\mu B_c}{2\pi N_e v_i(\rho_p - \rho_g)}\right]^{0.5} \quad (۴)$$

در این رابطه قطر ذره (m)، ویسکوزیته گاز (kg/m.s)، عرض ورودی سیکلون (m)، تعداد دور چرخش مفید سیال در داخل سیکلون، سرعت جریان هوای ورودی به سیکلون (m/s)، دانسیته ذره (kg/m^3) و دانسیته گاز (kg/m^3) است. نهایتا بازده جزئی جمع‌آوری سیکلون برای هر قطری از ذره و افت فشار سیکلون نیز توسط روابط مربوطه محاسبه شد (۱۵).

طراحی اکسیدکننده حرارتی

در ابتدا دبی سوخت مورد نیاز با توجه به دبی هوای آلوده ورودی به محفظه، نوع سوخت مصرفی، دمای احتراق مورد نیاز، میزان بازیافت حرارتی و ارزش حرارتی هوای آلوده توسط رابطه ۵ تعیین شد (۱۴):

$$Q_f = \frac{D_e Q_e [Cp_{air}(1.1T_c - T_{he} - 0.1T_r) - h_e]}{D_f[h_f - 1.1Cp_{air}(T_c - T_r)]} \quad (۵)$$

در این رابطه دبی جریان گاز سوختی (cfm)، دانسیته جریان هوای آلوده (Ib/ft^3)، دبی جریان هوای آلوده (cfm)، دمای

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

احتراق (^{o}f)، دمای جریان هوای منتشـره پس از بازیافت گرما (^{o}f)، دمای مرجع (77 ^{o}f)، متوسـط ظرفیت گرمایی هوا بین Tc و Tr (Btu/Ib-^{o}f)، ارزش گرمایـی جریان گاز خروجی (Btu/Ib)، دانسیته گاز سوختنی (Btu/ft^3) و ارزش گرمایی جریان گاز سـوختی (Btu/Ib) اسـت. سپس دبی جریان گاز خروجی از محفظه اکسیدکننده حرارتی با در نظر گرفتن دمای محفظه، توسط روابط ۶ و ۷ برآورد شد (۱۴):

$$Q_{fg} = Q_e + Q_f \quad (۶)$$

$$Q_{fg,a} = Q_{fg}\left[\frac{(T_c+460)}{537}\right] \quad (۷)$$

کـه *در ایـن روابط* دبی جریان گاز خروجـی (cfm) و دبی تصحیح شـده جریان گاز خروجی (cfm) است. نهایتا حجم اتاقک توسط رابطه ۸ محاسبه شد (۱۴):

$$V = \left[\left(\frac{Q_{fg,a}}{60}\right) t_r\right] \times 1.05 \quad (۸)$$

در این رابطه زمان ماند گاز (s) اسـت. نسبت بین طول و قطر اتاقک نیز ۲ تا ۸ پیشـنهاد شـده است (۱۶). افت فشار سیستم اکسیدکننده حرارتی نیز توسط جدول راهنما تعیین شد (۱۴).

- روش انتخاب هواکش

جهت انتخاب هواکش ابتدا بایسـتی دبی هوا با توجه به دما و فشار محیط، از طریق جداول یا فرمول تصحیح گردد و پس از آن فشار استاتیک، فشار کل و توان هواکش محاسبه گردد. پس از مشخص شدن توان، دبی و فشار استاتیک هواکش و در نظر گرفتن ماهیت آلاینده و شـرایط کار، هواکش مناسـب انتخاب گردید (۱۷).

یافته‌ها

در مجمـوع ۴۱ آلاینده شـیمیایی در هـوای خروجی از دیگ پخت ضایعات شناسایی شد که شامل هیدروکربن‌ها، آلدئیدها، کتون‌ها، الکل‌ها، استرها، ترکیبات هالوژنه، ترکیبات گوگرددار، ترکیبات نیتروژن‌دار، و اسیدها بوده است. نتایج شناسایی کیفی آلاینده‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: شناسایی کیفی آلاینده‌های موجود در واحد پخت ضایعات کشتارگاه

هیدروکربن‌ها	کتون‌ها	ترکیبات گوگرددار
بنزن	استن	کربن دی سولفید
تولوئن	۲و۴ دی متیل هگزانون	دی متیل دی سولفید
اتیل بنزن	۲ دکانون	دی متیل تترا سولفید
۱ برومو اتیل بنزن	۲ دودکانون	اتان تیول
۱ اتیل ۲ متیل بنزن		متان تیول
۱و۲و۳ تری متیل بنزن	**الکل‌ها**	پروپان تیول
۱و۲ دی متیل سیکلوهگزان	اتیل هگزانول	
۲و۴ دی متیل هگزان	۳ متیل ۳ پنتانول	**ترکیبات نیتروژن‌دار**
۲ دکان	۲ اتیل ۱ هگزانول	پروپیل آمین
ان دکان		بنزیل آمین
تری دکان	**ترکیبات هالوژنه**	استو نیتریل
۲ نونان	تترا کلرو اتیلن	۲ کلرو ۲ نیترو پروپان
	متیلن کلراید	۴ متیل ۲ هگزان آمین
آلدهیدها	کلرو بنزن	
۲و۳ دی متیل پنتانال		**اسیدها**
۲ متیل پنتانال	**استرها**	مرکاپتو استیک اسید
۲ اتیل بوتانال	متیل استات	کاربامیک اسید
	۲ پروپنیل استات	ایزو بوتریک اسید

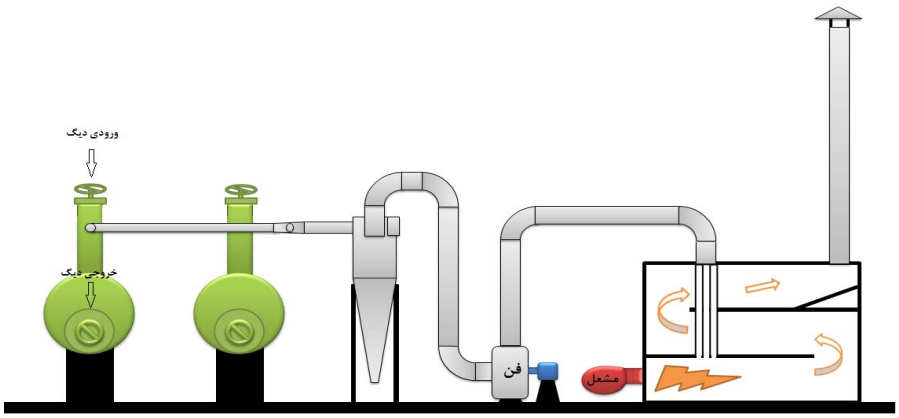
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

چهار ترکیب بنزن، تولوئن، دی‌سولفیدکربن و استون به دلایل مختلف مثل خطر سرطان‌زایی، سمیت، آستانه بویایی پایین و بوی نامطبوع کمی‌سازی شدند. نتایج کمی‌سازی، حدود مجاز مواجهه شغلی (۱۸)، غلظت مرجع سازمان حفاظت محیط زیست (۱۹) و حد آستانه بویایی (۲۰) این آلاینده‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: توزیع تراکم آلاینده‌های موجود در واحد پخت ضایعات کشتارگاه (انحراف معیار ± میانگین)

آلاینده‌ها	غلظت (ppm)			حد مجاز مواجهه شغلی TWA (ppm)	غلظت مرجع EPA (ppm)	حد آستانه بویایی (ppm)
	خروجی دیگ پخت	نمونه محیطی	نمونه فردی			
بنزن	۶/۵۴ ± ۲/۵	۰	۰	۰/۵	۰/۰۰۹	۸/۶۵
تولوئن	۱۴/۲۲ ± ۲۴/۶۳	۱/۴۷ ± ۲/۵۵	۰/۴۶ ± ۱/۰۹	۲۰	۱/۳۳	۰/۱۶
دی سولفید کربن	۳۹/۷۲	۲۷/۲	۱۹/۰۳ ± ۲۳/۱	۱	۰/۲۲	۰/۰۹۶
استون	۶۲/۷۰ ± ۱۶/۲۱	۳/۵۹ ± ۵/۰۸	۵/۴۶ ± ۷/۹۱	۵۰۰	۲۹	۴/۵۸

با توجه به نتایج، طراحی تهویه مناسب انجام شد. ساختار و طرح سیستم تهویه موضعی و پالایشگرها که شامل دو پالایشگر سیکلون و محفظه اکسیدکننده حرارتی است در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱: ساختار و طرح سیستم تهویه موضعی و پالایشگرها

تفاوت وزن ضایعات ورودی و پودر گوشت خروجی از دیگ پخت نشان می‌دهد در ۴ h مدت زمان پخت، ۶۰۰۰ kg آب موجود در ضایعات تبدیل به بخار آب می‌شود. بنابراین دبی جرمی بخار آب تولیدی از ضایعات ۱۵۰۰ kg/h می‌شود. با توجه به ظرفیت دیگ بخار، دبی جرمی خروجی دیگ پخت ۶۵۰۰ kg/h محاسبه گردید.

$$\text{ظرفیت دیگ بخار} = 5000 \quad \text{kg/h}$$

$$\text{بخار آب تولیدی از ضایعات} = 1500 \quad \text{kg/h}$$

$$Q_m = 5000 + 1500 = 6500 \quad \text{kg/h}$$

حجم مخصوص بخار آب نیز با توجه به فشار و دما، توسط جدول تعیین حجم مخصوص ۰/۵۸۱ m^3/kg بدست آمد. در

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

نتیجه دبی حجمی ۳۷۷۶/۵ m^3/h بدست آمد.

$$Q_V = 6500 \times 0.581 = 3776.5 \qquad m^3/h$$

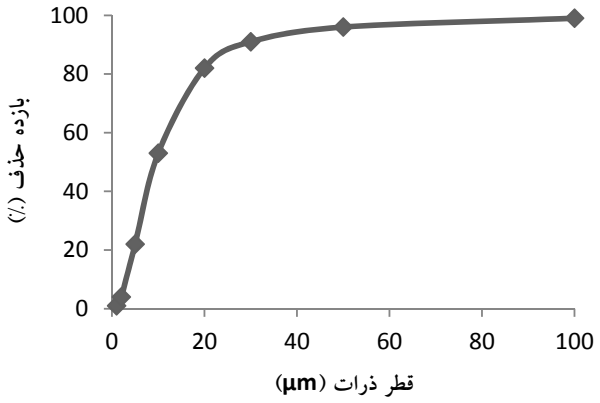
با افزایش ۱۵ درصدی دبی جهت افزایش اطمینان، دبی مورد نیاز سیستم تهویه موضعی تقریبا ۴۳۵۰ m^3/h تعیین شد. ضریب افت ورودی هود با توجه به شکل و وضعیت فیزیکی هود به طور تجربی ۰/۲۵ در نظر گرفته شده است. سرعت داخل کانال نیز برای مخلوط بخار آب و ذرات ۴۰۰۰ FPM (۲۰/۳۲ m/s) در نظر گرفته شد (۱۷). این محاسبات به طور سیستماتیک در جدول مخصوص طراحی سیستم تهویه ثبت گردید و متعادل سازی افت فشار در دو شاخه متصل بهم نیز انجام شد. نهایتا قطر کانال فرعی و اصلی به ترتیب ۰/۲۱۶ m و ۰/۳ m بدست آمد. تاثیر عوامل سایکومتریک و تغییر دبی در اثر متعادل سازی شاخه‌ها، باعث افزایش دبی به ۵۶۴۵ m^3/h در ورودی سیکلون شد.

قطر بدنه سیکلون (Dc) برای دبی ۵۶۴۵ m^3/h، ۱ m محاسبه شده است. ابعاد دیگر سیکلون مانند ارتفاع استوانه سیکلون (h)، ارتفاع کل (H)، ارتفاع مخروط (Z)، قطر خروجی گرد و غبار سیکلون (B)، ارتفاع ورودی سیکلون (a)، عرض ورودی سیکلون (b)، قطر خروجی هوای سیکلون (De) و ارتفاع خروجی هوای سیکلون (S) در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳: ابعاد سیکلون طراحی شده

ابعاد	D_c	h	Z	H	B	A	B	D_e	S
اندازه (m)	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۰/۳۷	۰/۵	۰/۲	۰/۵	۰/۵

با توجه به ابعاد سیکلون، سرعت در ورودی سیکلون ۱۵/۶۸ m/s و تعداد دورهای موثر نیز ۵/۵ دور محاسبه شد. چگالی پودر گوشت ۴۸۵ kg/m^3 است. بر این اساس قطر برش ۵۰ درصد ۹/۴۵ µm بدست آمد. راندمان بدام اندازی برای ذرات ۱ µm تا ۱۰۰ µm در نمودار ۱ آمده است. افت فشار سیکلون نیز ۳/۷۹ in.w.g محاسبه شد.



نمودار ۱: بازده حذف ذرات در قطرهای مختلف توسط سیکلون

جهت اطمینان از سوختن تمام VOCها در محفظه اکسیدکننده حرارتی، دمای احتراق را ۲۰۰۰ °F (۱۰۹۳ °C)، بازیافت حرارتی را ۷۰ درصد و زمان ماند را ۱ s در نظر گرفتیم. بر این اساس دبی گاز سوختی (گاز شهری) ۹۶ m^3/h محاسبه شد. بر اساس دبی ورودی و تاثیر دمای محفظه بر روی افزایش دبی، نهایتا حجم اتاقک ۷/۶۷ m^3 محاسبه شد. ابعاد محفظه با در نظر گرفتن نسبت طول به قطر معادل مشخص شد (جدول ۴). افت فشار اکسیدکننده حرارتی نیز بر اساس بازیافت حرارتی ۷۰ درصد ۱۵ in.w.g بدست آمد.

جدول ۴: ابعاد محفظه اکسیدکننده حرارتی

ابعاد	طول	عرض	ارتفاع
اندازه (m)	۵/۳	۱/۲	۱/۲

با توجه به شرایط دمائی و فشار محیط کار، دبی واقعی هواکش ۵۷۲۵ m^3/h برآورد گردید. فشار استاتیک هواکش

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

in.w.g ۱۹/۴۵ و فشار کل هواکش نیز in.w.g ۲۰/۳۵ بدست آمد. با توجه به این مشخصات، هواکش سانتریفوژ رادیال با توان حقیقی hp ۱۸ و سرعت چرخش پره معادل RPM ۵۱۰۰ انتخاب شد.

بحث

مطالعات زیادی بر روی شناسایی آلاینده‌های منتشره از دیگ پخت ضایعات کشتارگاه‌ها انجام شده است. ترکیبات عمده شناسایی شده در مطالعه ما شامل هیدروکربن‌ها، آلدئیدها، کتون‌ها، الکل‌ها، استرها، ترکیبات هالوژنه، ترکیبات گوگرددار، ترکیبات نیتروژن‌دار و اسیدها بوده است. بیشتر این ترکیبات در مطالعات مشابه گزارش شده است (۵، ۶، ۲۱، ۲۲) ولی برخی از ترکیبات گزارش نشده است که می‌تواند به دلیل دمای پایین ستون در مطالعات گذشته بوده باشد (۲). تفاوت بین آلاینده‌های منتشره و غلظت‌های آلاینده‌ها در مطالعات مختلف می‌تواند به دلیل درصد مواد مختلف تشکیل‌دهنده مواد خام و تفاوت در فرآیند پخت باشد. در بعضی از مطالعات، پر ابتدا هیدرولیز می‌شود سپس با امعاء و احشاء مخلوط می‌شود ولی در بعضی دیگر از مطالعات پر بدون هیدرولیز با امعاء و احشاء ترکیب می‌شود و عمل پخت صورت می‌گیرد. این تفاوت می‌تواند بر روی آلاینده‌های منتشره تاثیر گذارد (۲، ۳). وجود بنزن و تولوئن در مطالعات قبلی شناسایی شده است و وجود بنزن به هوای محیط نسبت داده شده است (۲۳، ۲۴). بنزن توسط آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC) در گروه ۱ آلاینده‌های سرطان‌زا دسته‌بندی شده است زیرا می‌تواند سبب سرطان خون در انسان شود. تولوئن نیز برای سیستم عصبی مرکزی بسیار سمی است ولی سرطان‌زا نیست (۲۵). Dincer و همکاران (۲۰۰۶) غلظت بنزن و تولوئن را در هوای محیطی واحد پخت ضایعات به ترتیب بین ۰/۱ تا ۰/۴ و ۰/۲ تا ۵/۲ ppb گزارش کردند. آنها معتقدند وجود بنزن و تولوئن در هوای محیطی کارخانه پخت ضایعات احتمالا به دلیل ترافیک ماشین آلات است (۶). در مطالعه ما، غلظت بنزن و تولوئن منتشره از دیگ پخت بسیار بالاتر از میزان مواجهه فردی و محیطی بوده است. وجود بنزن و تولوئن در هوای منتشره از دیگ پخت در مطالعه ما و Kastner و همکار (۲) نشان می‌دهد منبع اصلی بنزن و تولوئن محیط، دیگ پخت ضایعات است.

دی‌سولفیدکربن و استون نیز در مطالعات قبلی در هوای واحد پخت ضایعات گزارش شدند (۶، ۲۱). دی‌سولفیدکربن یک مایع فرار، با بوی تند است که در قانون اصلاح هوای پاک ایالات متحده (CAAA) به عنوان یک آلاینده خطرناک تحت موضوع III طبقه‌بندی شده است (۲۶). استون نیز مایعی شفاف با بوی تند و زننده است که در غلظت‌های بالا سبب تحریک چشم، بینی و گلو می‌شود (۲۷). Dincer و همکاران (۲۰۰۶) غلظت محیطی استون و دی‌سولفیدکربن را در واحد پخت ضایعات، به ترتیب بین ۱/۷ تا ۱۱ و ۰/۱ تا ۰/۶ ppb گزارش کردند همچنین بررسی همبستگی بین آلاینده‌ها و بوی نامطبوع واحد پخت ضایعات نشان داد که استون، دی‌سولفیدکربن و آلدهیدها مسئول اصلی بوی نامطبوع هستند (۶). غلظت آلاینده‌های استون و دی سولفید کربن در مطالعه ما برای مواجهه فردی و محیطی و همچنین منتشره از دیگ پخت بسیار بیشتر از مطالعات دیگر بوده است که احتمالا به دلیل تفاوت در فرایند پخت است.

استفاده از سیستم‌های تهویه و پالایشگرهای مناسب جهت کنترل آلاینده‌های واحد پخت ضایعات در مطالعات قبلی پیشنهاد شده است. برآورد دقیق دبی مورد نیاز برای تهویه مناسب دیگ پخت بسیار مهم است زیرا دبی کمتر از دبی مورد نیاز سبب افزایش غلظت آلاینده‌ها در دیگ پخت ضایعات و خروج آلاینده‌ها از منافذ درب ورودی و خروجی ضایعات می‌شود. دبی بیشتر از دبی مورد نیاز نیز باعث مکش پودر گوشت تولیدی به داخل سیستم تهویه شده و علاوه بر هدر رفتن محصول، ممکن است باعث مسدود شدن کانال تهویه نیز شود. در مطالعات مختلف دبی‌های مختلفی گزارش شده است که برای مطالعات پایلوت مقدار دبی خیلی پایین (۴، ۲۸) و برای مطالعات مداخله‌ای مقدار دبی خیلی بالا (۳، ۲۹) گزارش شده است ولی متاسفانه در این مطالعات به تعداد دیگ پخت

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

مورد استفاده، ظرفیت دیگ پخت‌ها و ظرفیت دیگ بخار اشاره نشده است.

در این مطالعه پس از محاسبه دبی مورد نیاز، ۱۵ درصد جهت افزایش اطمینان از کارایی سیستم تهویه به دبی اضافه شده است. در ابتدای پخت ضایعات معمولا آلاینده‌های تولیدی خیلی زیاد هستند و با توجه به اینکه هنوز ضایعات سنگین بوده و به پودر تبدیل نشده‌اند می‌توان از حداکثر ظرفیت مکش استفاده کرد. ولی در انتهای پخت که ضایعات به پودر بسیار نرم و سبک تبدیل می‌شوند احتمال مکش پودر زیاد می‌شود. جهت جلوگیری از مکش پودر، دریچه‌ای قبل از هواکش قرار داده شد که باز کردن این دریچه باعث کاهش مکش از دیگ پخت می‌شود. در بیشتر دیگ‌های پخت، کانال خروج آلاینده‌ها را مستقیما به بدنه دیگ پخت وصل می‌کنند. این عمل باعث می‌شود احتمال مکیده شدن پودر گوشت به داخل کانال زیاد شود. در مطالعه ما پیشنهاد شده است کانال تهویه به مجرای ورودی ضایعات وصل شود (شکل ۱). این عمل به دلیل افزایش فاصله پودر از ورودی کانال تهویه و کاهش سرعت مکش به دلیل قطر بیشتر ورودی دیگ نسبت به کانال تهویه، از مکش پودر به داخل کانال جلوگیری می‌کند.

یکی از پالایشگرهای متداول جهت کنترل ذرات سیکلون‌ها هستند. استفاده از سیکلون برای حذف ذرات خروجی از دیگ پخت در مطالعات قبلی گزارش شده است (۲۸، ۳۰). با توجه به اینکه پالایشگر مورد استفاده در مطالعه ما جهت کنترل آلاینده‌های گازی، اکسیدکننده حرارتی است، فقدان پالایشگر سیکلون قبل از محفظه اکسیدکننده حرارتی سبب تجمع ذرات در محفظه اکسیدکننده حرارتی و کاهش تدریجی راندمان این پالایشگر می‌شود. همچنین پودر گوشت گرفته شده توسط پالایشگر سیکلون نیز قابل استفاده است. نتایج محاسبه بازده حذف ذرات با اندازه‌های مختلف، نشان داد این سیکلون می‌تواند ذرات بزرگتر از ۱۰۰ µm را با راندمان بیش از ۹۹ درصد حذف کند.

سیستم‌های اکسیدکننده حرارتی مدرن قابلیت حذف ۹۵ تا ۹۹ درصد ترکیبات آلی فرار را در دمای ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ ^{o}C با زمان ماند ۰/۵ تا ۱ s دارند. این سیستم‌ها می‌توانند برای دبی ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ CFM و غلظت آلاینده‌های ۱۰۰ تا ppm ۲۰۰۰ طراحی شوند (۳۱). در مطالعه ما به دلیل عدم استفاده از کاتالیزور، دمای محفظه را ۲۰۰۰ ^{o}F درنظر گرفتیم. ایجاد این دما در محفظه فلزی به دلیل انتقال حرارت به فضای بیرون و به هدر رفتن انرژی و همچنین به دلیل احتمال خطر آتش‌سوزی نامناسب است. در نتیجه در مطالعه ما پیشنهاد شده از آجر نسوز سیلیسی برای ساخت محفظه استفاده شود. دمای ذوب این آجرها ۲۳۰۰ ^{o}F است که برای دمای محفظه ما مناسب است (۳۲). جهت بازیافت حرارتی، هوای خروجی را که دمای حدودا ۲۰۰۰ ^{o}F دارد، از مبدل حرارتی عبور داده می‌شود. جنس مبدل حرارتی را استیل در نظر گرفتیم که هم رسانایی حرارتی خوبی دارد و هم در دمای ۲۰۰۰ ^{o}F ذوب نمی‌شود. مبدل حرارتی میزان انرژی مصرفی برای رساندن دمای محفظه به ۲۰۰۰ ^{o}F را تا ۷۰ درصد کاهش یابد.

در مطالعات زیادی از بیوفیلتر و اسکرابر شیمیایی جهت کنترل آلاینده های گازی منتشره از واحد پخت ضایعات استفاده کرده اند (۲، ۳، ۲۱، ۲۹). هزینه تجهیزات، ساخت و تعمیر و نگهداری بیوفیلترها بسیار بالا است (۲۸). علاوه بر این امکان تعطیلی کشتارگاه و واحد پخت ضایعات برای چند روز متوالی وجود دارد که این عامل سبب عدم تامین مواد غذایی میکروارگانیسم‌ها و مرگ آنها و در نتیجه کاهش راندمان بیوفیلتر می‌شود. استفاده از اسکرابر شیمیایی نیز به دلیل مصرف بالای آب و هزینه مواد شیمیایی که باید به آب اضافه شود و همچنین هزینه تصفیه آب خروجی از اسکرابر، مقرون به صرفه نیست. استفاده از اکسیدکننده حرارتی جهت کنترل آلاینده‌های گازی به دلیل قیمت پایین سوخت در کشور ایران مناسب است. محاسبه هزینه سوخت مصرفی نشان می‌دهد، با تعرفه ۸۰۰ ریال به ازای هر متر مکعب گاز شهری برای مصارف صنعتی (۳۳)، هزینه سوخت مصرفی اکسیدکننده حرارتی طراحی شده، روزانه ۳۱۰۰۰۰ ریال می‌شود که این هزینه در مقایسه با هزینه پالایشگرهای دیگر بسیار مناسب است.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشـــان داد گازهای منتشـــره از دیگ پخت ضایعات کشتارگاه‌های صنعتی طیور، از یک مخلوط پیچیده از ترکیبات شیمیایی تشکیل شده است. تهویه مناسب دیگ پخت و تصفیه هوای خروجی توســط دو پالایشــگر ســیکلون و اکسیدکننده حرارتی، می‌تواند حجم زیــادی از آلاینده‌های ذره‌ای و گازی منتشره از دیگ پخت ضایعات را حذف کند. کنترل آلاینده‌های گازی خروجی از دیگ پخت ضایعات می‌تواند ســبب کاهش مزاحمت بویایی و آلودگی زیست محیطی و ارتقا سطح سلامت و رفاه کارگران و ساکنان مناطق مجاور این صنعت شود.

تشکر و قدردانی

ایــن مقالــه حاصــل بخشــی از پایان‌نامه بــا عنوان بررســی آلاینده های هوای واحد پخت ضایعات کشــتارگاه‌های صنعتی طیور همدان و گرگان و تعیین عملکرد پالایشگر موجود و ارائه راهکارهای اصلاحی در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۲ و کد ۹۲۰۱۲۷۲۶۷ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان اجرا شده است.

منابع

1- Sironi S, Capelli L, Céntola P, Del Rosso R, Grande MI. Odour emission factors for assessment and prediction of Italian rendering plants odour impact. Chemical Engineering Journal. 2007;131(1):225-31.

2- Kastner JR, Das K. Wet scrubber analysis of volatile organic compound removal in the rendering industry. Journal of the Air & Waste Management Association. 2002;52(4):459-69.

3- Kastner JR, Das KC. Comparison of chemical wet scrubbers and biofiltration for control of volatile organic compounds using GC/MS techniques and kinetic analysis. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2005;80(10):1170-79.

4- Shareefdeen Z, Herner B, Webb D, Verhaeghe L, Wilson S. An odor predictive model for rendering applications. Chemical Engineering Journal. 2005;113(2):215-20.

5- Ristic MD, Sakac MB, Filipovic SS. Waste gases arising in rendering plants for harmless removal of animal by-products by technological processing. Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara. 2005;3(3):105-12.

6- Dincer F, Muezzinoglu A. Chemical characterization of odors due to some industrial and urban facilities in Izmir, Turkey. Atmospheric Environment. 2006;40(22):4210-19.

7- Jozi A, Firouzei M. Analysis for environmental impacts of chicken slaughterhouses using analytical hierarchy process method (Case study: Nemone Tehran poultry slaughterhouse). Iranian Journal of Health and Environment. 2013;6(4):455-70 (in Persian).

8- Strauss W. The development of a condenser for odor control from dry rendering plants. Journal of the Air Pollution Control Association. 1964;14(10):424-26.

9- Yuwono A, Schulze Lammers P. Odor pollution in the environment and the detection instrumentation. Agricultural Engineering International: The CIGR Journal. 2004;6:1-33.

10- Eller PM, Cassinelli ME. NIOSH Manual of Analytical Methods. 4th ed. Cincinnati (OH): Diane Publishing Company; 1994.

11- Ramsey MH, Ellison SL. Measurement uncertainty arising from sampling: A guide to methods and approaches. Berlin: Eurachem EUROLAB, Nordtest and the UK RSC Analytical Methods Committee; 2007.

12- Tabatabaei M. Calculation of Building Installations. 15th ed. Tehran: Ruzbahan Publication; 2013 (in Persian).

13- ACGIH. Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice. 27th ed. Cincinnati (OH): American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2010.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

14- Wang LK, Pereira NC, Hung Y-T, Li KH. Air Pollution Control Engineering. Totowa: Human Press; 2004.
15- Wang L. Theoretical study of cyclone design [dissertation]. Texas: Texas A&M University; 2004.
16- Lewandowski DA. Design of Thermal Oxidation Systems for Volatile Organic Compounds. Boca Raton: CRC Press; 1999.
17- Jafari MJ. Industrial Ventilation. 3rd ed. Tehran: Fadak Publication; 2008 (in Persian).
18- ACGIH. TLVs and BEIs: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents. Cincinnati (OH): American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2010.
19- USEPA. Integrated risk information system. 2nd ed. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2009.
20- AIHA. Odor thresholds for chemicals with established occupational health standards. Fairfax: American Industrial Hygiene Assocation; 1989.
21- Anet B, Lemasle M, Couriol C, Lendormi T, Amrane A, Le Cloirec P, et al. Characterization of gaseous odorous emissions from a rendering plant by GC/MS and treatment by biofiltration. Journal of Environmental Management. 2013;128:981-87.
22- Defoer N, De Bo I, Van Langenhove H, Dewulf J, Van Elst T. Gas chromatography–mass spectrometry as a tool for estimating odour concentrations of biofilter effluents at aerobic composting and rendering plants. Journal of Chromatography A. 2002;970(1):259-73.
23- Barnes RD, MacLeod AJ. Analysis of the composition of the volatile malodour emissions from six animal rendering factories. Analyst. 1982;107(1275):711-15.
24- Van Langenhove HR, Van Wassenhove FA, Coppin JK, Van Acker MR, Schamp NM. Gas chromatography/mass spectrometry identification of organic volatiles contributing to rendering odors. Environmental Science and Technology. 1982;16(12):883-86.
25- Lovreglio P, Barbieri A, Carrieri M, Sabatini L, Fracasso ME, Doria D, et al. Validity of new biomarkers of internal dose for use in the biological monitoring of occupational and environmental exposure to low concentrations of benzene and toluene. International Archives of Occupational and Environmental Health. 2010;83(3):341-56.
26- Hugler W, Acosta C, Revah S. Biological removal of carbon disulfide from waste air streams. Environmental Progress. 1999;18(3):173-77.
27- Proctor NH, Hughes JP, Hathaway GJ. Proctor and Hughes' Chemical Hazards of the Workplace. 5th ed. New York: John Wiley and Sons; 2004.
28- Luo J, Lindsey S. The use of pine bark and natural zeolite as biofilter media to remove animal rendering process odours. Bioresource Technology. 2006;97(13):1461-69.
29- Anet B, Couriol C, Lendormi T, Amrane A, Le Cloirec P, Cogny G, et al. Characterization and selection of packing materials for biofiltration of rendering odorous emissions. Water, Air and Soil Pollution. 2013;224(7):1-13.
30- Luo J, Agnew M. Gas characteristics before and after biofiltration treating odorous emissions from animal rendering processes. Environmental Technology. 2001;22(9):1091-103.
31- Choi B-S, Yi J. Simulation and optimization on the regenerative thermal oxidation of volatile organic compounds. Chemical Engineering Journal. 2000;76(2):103-14.
32- Hamer F, Hamer J. The Potter's Dictionary of Materials and Techniques. 5th ed. Philadelphia: University of Pennsylvania Press; 2004.
33- National Iranian Gas Company. Tariff and contracts affairs of gas management. Tehran: National Iranian Gas Company; 2013 [cited 2013 Dec 24]. Available from: http://mgd.nigc.ir/MGD2/Default.aspx?PID=278.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]

Survey of air pollutants emitted from rendering plant of poultry slaughterhouse and design of local ventilation system and suitable collector for control and treatment of air pollutants

Gh. Hesam[1], F. Ghorbani Shahna[*2], A. Bahrami[3]

[1]Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran

[2]Department of Occupational Health, Faculty of Health,Center of excellence for occupational health, science research center, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran.

[3]Department of Occupational Health, Faculty of Health, Health Sciences Research Center, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran.

Received: 11June 2014; Accepted:7 September 2014

ABSTRACT

Background and Objectives: Emission of volatile organic compounds and unpleasant smell are the important characteristics of the rendering plant, causing disturbance for the workers and nearby residents. In order to prevent the spread of air pollutants and to provide favorable environment, application of treatment technologies is essential.

Materials and Methods: In this study, in order to select suitable collector and ventilation system for rendering plant, air sampling was performed via NIOSH sampling methods (1501, 1300, 1600, and 2002). Totally, 24 air samples were collected from the ambient air, air pollution source, and worker's breathing zone using two sorbent, activated charcoal and silica gel and were analyzed using GC-MS. Then, the local ventilation system was designed based on the qualification and quantitation analysis of air samples. The stairmand high efficiency cyclone and thermal oxidizer were designed for dust control and gas cleaning respectively.

Results: In total, 41 chemical pollutants in exhaust air from rendering plant were identified; these compounds included hydrocarbons, aldehydes, ketones, alcohols, ethers, halogenated compounds, sulfur compounds, nitrogen compounds, and acids. The results of ventilation system designing showed that the system with airflow of 5725 m^3/h and a cyclone with the diameter of 1 m and the height of 4 m could remove 50% of particles with 9.45-micron diameter. Gaseous pollutants were removed using thermal oxidation via the consumption of 96 m^3/h fuel gas flow. The chamber volume was 6.67 m^3. The daily fuel costs were estimated 310000 RLS.

Conclusion: Application of local exhaust ventilation system and integrated collectors for control of air pollutants in rendering plant can remove large amounts of particulate and gaseous pollutants. Control of these pollutants can cause loss of smell nuisance and environmental pollution and improving the health and welfare of workers and neighboring residents of such industries.

Keywords: rendering plants, volatile organic compounds, exhaust ventilation system, cyclone, thermal oxidation.

***Corresponding Author:** *fghorbani@umsha.ac.ir*
***Mob:** *+989183152105*

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-26]