

آنالیز فیزیکی و شیمیایی پسماند شهری شهرستان بجنورد

زهرا سفیدی^۱، کبری ایزانلو^{۱*}، علیرضا حسنی^۲، پریسا روشنی^۳، حامد رحمانی^۴

۱- گروه شیمی، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران

۲- گروه شهرسازی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران

۳- گروه معماری، واحد بجنورد، دانشگاه آزاد اسلامی، بجنورد، ایران

۴- استانداری خراسان شمالی، شهرداری، ایران

c_izanloo@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۲

چکیده

مواد زاید جامد شهری یک جریان ماده و انرژی است که در صورت عدم مدیریت صحیح برای سلامت انسان و محیط زیست مضر است. از نظر فیزیکی، پسماند حاوی همان موادی است که در محصولات مفید وجود دارد و تنها تفاوت آنها در بی ارزش بودن پسماند است. در بسیاری از موارد این بی ارزشی ناشی از مخلوط بودن و یا ناشناخته بودن این مواد در پسماند است. شناسایی خصوصیات شیمیایی مواد زائد به منظور ارزیابی فرآیند بازیافت، استفاده مجدد مواد و تکنولوژی تصفیه مواد زائد جامد مفید می باشد. این پژوهش آنالیز فیزیکی و شیمیایی پسماند شهری شهرستان بجنورد در فصل زمستان و در ماه اسفند در جایگاه جمع آوری زباله را نشان می دهد. مشخص گردید بیشترین درصد اجزای زباله شامل مواد آلی و حدود ۶۵ درصد زباله جمع آوری شده را در برمی گیرد. چگالی حقیقی بخش آلی پسماند ۱/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب است. درصد رطوبت پسماند آلی ۷۳/۵ درصد است. نتایج بررسی آنالیز عنصری نشان می دهد بیشترین فلزهای موجود در پسماند آلی به ترتیب شامل کلسیم، فسفر، سدیم، گوگرد، منیزیم می باشد. میزان فلزات سنگین موجود در بخش آلی پسماند شهری بسیار ناچیز است. تقریباً ۴۰ درصد پسماند آلی را کربن تشکیل می دهد و ۹۷/۷۸ درصد زباله دربرگیرنده مواد آلی کل است. لذا آگاهی از کیفیت و کمیت زباله می تواند در تصمیم گیری های بعدی جهت بازیافت و استفاده مجدد از زباله موثر باشد.

کلمات کلیدی: پسماند، شهرستان بجنورد، آنالیز فیزیکی، آنالیز شیمیایی

مقدمه

کلمه‌ی پسماند به تمام موادی که به جز فرآورده‌های اصلی در یک فرآیند تولید می‌شوند، اطلاق می‌گردد. بنابراین مواد مختلف اعم از گاز، مایع و جامد در این تعریف می‌گنجد. پسماند از چند منظر می‌تواند دسته‌بندی شود: از نظر وضعیت فیزیکی (جامد، مایع، گاز)، از نظر کاربرد اصلی مواد تشکیل دهنده آن (بسته‌بندی، مواد غذایی و...)، از نظر نوع مواد (شیشه، کاغذ و...)، از نظر ویژگی‌های فیزیکی (سوختنی، کمپوست شدنی، بازیافتنی)، از نظر منشأ (خانگی، تجاری، کشاورزی، صنعتی و...) و یا میزان ایمنی (خطرناک، بی خطر). به دلیل دامنه گسترده مواد موجود در پسماند (شیشه، فلز، کاغذ، پلاستیک، مواد آلی و...) و اختلاط کامل این مواد، مشکلات متعددی در مدیریت آنها بروز می‌کند. سیستم مدیریت پسماند شهری به معنای امروزی آن، در دهه ۱۹۳۰ در کشورهای صنعتی پدید آمد. تا دهه ۱۹۷۰ به پسماند به عنوان «دورریز» نگاه می‌شد و در این شیوه‌ها عیب‌های متعدد بهداشتی، محیط زیستی، اقتصادی و زیبایی شناختی وجود داشت که در سایه تحولات فناوری و افزایش آگاهی‌های عمومی، سیستم‌های جدید مدیریت پسماند در کشورهای صنعتی و سایر کشورهای دنیا به تدریج توسعه یافت. به مرور زمان فرآیند پردازش و بازیافت پسماند جایگاه کلیدی تری در مدیریت پسماند پیدا کرد [۱].

از نظر فیزیکی، پسماند حاوی همان موادی است که در محصولات مفید وجود دارد و تنها تفاوت آنها در بی ارزش بودن پسماند است. در بسیاری از موارد این بی‌ارزشی ناشی از مخلوط بودن و یا ناشناخته بودن این مواد در پسماند است. جداسازی مواد پسماند می‌تواند یکی از روش‌های افزایش ارزش مواد و پیدا کردن موارد کاربرد برای آنها باشد. به طور کلی رابطه‌ی معکوسی بین میزان اختلاط پسماند و ارزش آن وجود دارد. اگر بازیافت و تبدیل مواد هدف مهم و اصل در جمع‌آوری و مدیریت زباله قرار گیرد و با روش‌ها و تکنیک‌های مختلف در دوره‌های کوتاه مدت و بلند مدت، این امر را مورد آزمایش و کوشش قرار دهیم، شاید بتوان به راهکاری مطمئن برای کنترل اثرات تخریبی زباله و تهیه زباله پاک‌تر دست یافت. شناسایی خصوصیات شیمیایی مواد زائد به منظور ارزیابی فرآیند بازیافت، استفاده مجدد مواد و تکنولوژی تصفیه مواد زائد جامد مفید می‌باشد. امروزه شناخت کیفیت و کمیت پسماند شهرها به یک ضرورت مهم برای برنامه ریزی و مدیریت پسماند هر شهر تبدیل شده است. بی توجهی به امر جمع‌آوری و دفع مواد زائد جامد در جامعه امروزی، به دلیل کمیت و کیفیت گوناگون مواد تشکیل دهنده آن سبب ایجاد مشکلات زیادی شده است که رفع آنها تنها از طریق هماهنگی علم و تجربه در چارچوب یک مدیریت صحیح امکان‌پذیر است [۲]. در این خصوص پی بردن به ترکیبات زباله و بازیافت مواد زائد جامد از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است [۳].

درصد اجزای مختلف در زباله به دو شکل کلی آلی و غیرآلی تقسیم‌بندی می‌شوند. اجزای آلی شامل مواردی همچون مواد غذایی، کاغذ، مقوا، پلاستیک، منسوجات، مواد لاستیکی، چرم، شاخ و برگ درختان و چوب است. مواد غیرآلی شامل شیشه، قوطی‌های فلزی، آلومینیم، گردوخاک، خاکستر و... را در بر می‌گیرد [۴]. همچنین ترکیب‌های فیزیکی و شیمیایی زباله هر شهر با شهر دیگر تفاوت دارد و نمی‌توان از نتایج حاصله برای یک شهر، برای شهرهای دیگر استفاده نمود. حتی ترکیب زباله برای یک شهر در فصل‌های مختلف متفاوت است [۵]. این تفاوت‌ها به سبک زندگی و استانداردهای زندگی، مانند ساختار اجتماعی اقتصادی، سطح درآمد، مصرف محصول، مقررات محلی مربوط به زباله، قابلیت بازیافت زباله بستگی دارد [۶]. شیرابه زباله نیز به عنوان یک منبع مهم آلاینده‌های خطرناک در محیط زیست ثابت شده است. اجزای پیچیده و فلزهای سنگین در شیرابه زباله به طور قطع بیشترین خطر را برای آب‌های زیرزمینی و خاک در بر دارند؛ بنابراین، ارزیابی و کنترل فلزهای سنگین، سدیم و پتاسیم در شیرابه پسماند به تمرکز اصلی هر طرح مدیریت زباله تبدیل شده است. اطلاع از آنالیز و ترکیب‌های شیمیایی زباله با توجه به انتخاب روش نمونه‌برداری، ترکیب مواد و اجرای روش‌های آزمایشگاهی برای انجام برنامه‌های دفع، بازیافت و حتی عملیات جمع‌آوری زباله بسیار ضروری است. تعیین ترکیبات شیمیایی مواد زائد جامد بستگی به معیار و هدف مورد نظر دارد و در بسیاری از موارد، تعیین آن در ارزیابی فرآیندهای مختلف و به ویژه روش‌های بازیابی مواد نقش حیاتی و تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌نماید. در مدیریت و برنامه‌ریزی جمع‌آوری و دفع بهداشتی زباله، آگاهی از ترکیب آنها به منظور شناخت ترکیب فیزیکی و شیمیایی مواد تشکیل دهنده زباله امری

ضروری به شمار می آید زیرا پایه ای برای طراحی های بعدی سیستم مدیریت پسماند نظیر سیستم های تبدیل پسماند هستند [۷]. در شناخت مواد تشکیل دهنده زباله مقدار رطوبت پسماند، دانسیته زباله، نسبت کربن به ازت برای تهیه کود، مقدار فلزات سنگین، فسفر، سدیم و پتاسیم تعیین می گردد [۸].

در مطالعه حسونند و همکاران با عنوان "آنالیز پسماندهای جامد شهری در ایران" به این نتیجه رسیدند که میزان تولید پسماندهای شهری در مناطق شهری ایران ۱۰۳۷۰۷۹۸ تن در سال بوده و میزان سرانه تولید پسماندهای جامد شهری به ازای هر نفر به طور متوسط ۰/۶۴ کیلوگرم در روز می باشد. از کل تولید تنها ۰/۶ بازیافت و ۰/۱۰ به کمپوست تبدیل گردیده و حدود ۰/۸۴ آن از طریق دفن معدوم می گردد [۹].

در مطالعه صمدی و مرشدی سیف نتایج بدست آمده از مطالعه زباله در سطح شهر همدان نشان می دهد که میانگین مقدار اجزای فیزیکی در ماه های پژوهش شامل ۷۷/۷۲٪ مواد فسادپذیر، ۵/۷۵٪ کاغذ ۵/۴۲٪ پلاستیک ۳/۱۵٪ منسوجات ۲/۱۱٪ فلز، ۴/۹۲٪ شیشه و ۴/۹۲٪ سایر مواد بوده است. همچنین بیشترین مقدار تولید زباله در این شهر مربوط به اسفندماه با ۳۲۸ تن و کمترین مقدار نیز مربوط به آذرماه بود [۱۰].

نوروزیان و همکاران در مطالعه ای با عنوان "بررسی مقایسه ای نرخ تولید و ترکیب پسماند جامد در شهر شیراز" به این نتیجه رسیدند که نرخ تولید پسماند شهر شیراز ۲۲۲/۶۵ کیلوگرم به ازای هر نفر در سال ۱۳۹۳ برآورد گردید. آنالیزهای آماری نشان داد که متغیرهای مواد آلی، کاغذ و کارتن، شیشه و فلزات بین کشورهای در حال توسعه و پیشرفته اختلاف معناداری داشتند در حالی که میزان پلاستیک، منسوجات و... اختلاف معناداری نداشتند [۱۱].

در بررسی اوتادی و همکاران در آنالیز فیزیکی و شیمیایی پسماندهای شهری قزوین به منظور تعیین ضوابط مربوط به تفکیک مواد از مبدأ در سال ۱۳۸۱ دامنه مواد فسادپذیر $68/2-78/1 \text{ kg/m}$ (به دست آمد و میانگین درصد رطوبت ۵۱/۴۵ تعیین گردید. درصد پلاستیک و لاستیک ۷/۸، کاغذ و مقوا ۶/۹، منسوجات ۱/۲، چوب ۳/۴، سایر مواد ۸/۸ بوده است [۱۲].

رستگار و همکاران به بررسی میزان پسماندهای جامد تولید شده شهر مشهد در سال ۱۳۹۱ پرداختند اجزای خشک شامل کاغذ و مقوا ۴۶/۷٪، نان خشک ۱۰/۸٪، پلاستیک ۹/۷٪، فلزات ۶/۸٪، شیشه ۵٪ و سایر موارد ۲۱٪ بود. ارتباط معناداری بین میزان مواد زائد تولیدی در ماه های تابستان و زمستان وجود داشت [۱۳].

بویان و همکاران در پژوهشی با عنوان "آنالیز ترکیب فیزیکی و شیمیایی مواد زائد جامد در شهر چیتاگونگ" عنوان کردند مطالعه حاضر برای تعیین ترکیب فیزیکی و شیمیایی شهر چیتاگونگ انجام شده است. مواد آلی خوب، قسمت عمده ای از پسماندهای جامد تولید شده را تشکیل می دهد (۳۵/۱٪)، در حالی که ریزگردها و مواد گیاهی به ترتیب ۲۸.۵٪ و ۲۰.۶٪ را تشکیل می دهند. اجزای اصلی زباله های شهری شامل ضایعات مواد غذایی، شیشه، فلزات، قوطی، آوار، آجر، تخته، برگ، کاغذ، خاک و خاکستر است، ترکیبات شیمیایی موجود در مواد زائد جامد رطوبت بالا، خاکستر بالا و محتوای غیر آلی و نسبتاً کم را نشان می دهد [۱۴].

توبراکای و همکاران در پژوهشی با عنوان "خواص فیزیکی و شیمیایی زباله های جامد ناشی از گردشگری آب. مطالعه موردی: بازار شناور تالینگچان، بانکوک، تایلند" به این نتیجه رسیدند که بزرگترین جز همه پسماندها، مواد غذایی بود که ۵۳/۹۵٪ از کل پسماندها را تشکیل می داد. تراکم مواد زائد جامد ۰/۵۵ کیلوگرم در متر مکعب اندازه گیری شد و اندازه مواد زائد جامد از ۳-۲۰ سانتی متر عرض و ۳-۴۹ سانتی متر طول متفاوت بود. میزان رطوبت، ترکیب احتراق، خاکستر، محتوای کربن، سطح هیدروژن، گوگرد، نیتروژن و اکسیژن به ترتیب ۶۵.۷۶٪، ۸۲.۰٪، ۶.۱۷٪، ۴۵.۵۶٪، ۵.۰۳٪، ۱۲.۶۸٪، ۴.۹۵٪ و ۴۴.۲۴٪ بود. ارزش حرارتی زباله زیاد نبود، در ۴۱۷۰.۴۶ کالری در گرم اندازه گیری شد، که شامل سطح پایین محتوای هیدروژن ۵/۱۲ بود [۱۵].

۱ Bhuyan

۲ Tuprakay

ژاؤ و همکاران در پژوهشی با عنوان " خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کمپوست زباله جامد شهری در کسرهای مختلف اندازه ذرات " به این نتیجه رسیدند که تراکم فله کمپوست با کاهش اندازه ذرات افزایش یافت. با این حال، با کاهش اندازه ذرات، روند کاهش برخی از پارامترهای خاک به عنوان مثال pH، تخلخل، ظرفیت نگهداری آب اشباع، محتوای آلی و محتوای کلسیم، آهن، منیزیم و منگنز وجود دارد. محتوای آلی بالاتر در کسری از قطر بیش از ۰/۴ میلی متر پیدا شد، و محتوای کل N در کسر قطر بیش از ۰/۸ میلی متر از کسر ۰/۸ میلی متر بالاتر بود. ($P < 0,05$) فسفر عمدتاً در بخش‌های درشت بزرگتر از ۰/۸ میلی متر توزیع شد، اما K در بخش‌های ریز کمتر از ۰/۸ میلی متر متمرکز شد. محتوای کلسیم، آهن، منیزیم و منگنز در کسرهای بالاتر از ۰/۸ میلی متر نسبت به کسرهای کمتر از ۰/۴ میلی متر و شاهد بیشتر بود. ($P < 0,05$) غلظت فلزات سنگین در ذرات منفرد وابستگی زیادی به اندازه ذرات دارد. سرب تا حد زیادی در کسری ۰/۸ میلی متر، ۲۴۴٪ بالاتر از کسر ۰/۸ میلی متر بود. محتوای مس بالا در محدوده اندازه ۰/۴-۰/۲ میلی متر و ۰/۴-۰/۸ میلی متر مشاهده شد، با حداکثر ۱۳۱۷ میلی گرم در دامنه ۰/۴-۰/۸ میلی متر. غلظت روی در محدوده ۰/۸-۱/۶ میلی متر در مقایسه با سایر بخشها و شاهد کمترین مقدار بود. تفاوت معنی داری در محتوای سی دی بین هر درمان و شاهد مشاهده نشد. کروم و نیکل بیش از سایر کسرها با ذرات ۰/۸ میلی متر ارتباط داشتند و غلظت آنها به ترتیب ۱۷۷٪ و ۱۴۰٪ بیشتر از اندازه ذرات دیگر بود [۱۶].

مطالعه‌ی وای ۴ و همکاران در چین نشان داد که، فقط ۲۰٪ از کل زباله دفن می‌گردد و ۸۰٪ دیگر به کمپوست تبدیل و یا بازیافت می‌شود. آنالیز فیزیکی پسماند در کشور چین نشان می‌دهد که متشکل از ۳۴/۴٪ مواد آلی، ۴۹/۴۱٪ آن را مواد مغذی ۱۷/۱۵٪ آن مواد قابل بازیافتی هستند که شامل ۹/۵۸٪ کاغذ، ۲/۰۶٪ شیشه، ۱/۱۹٪ فلز و ۶/۶۱ درصد آنرا پلاستیک تشکیل می‌دهد [۱۷].

از آنجایی که طرح‌ها و برنامه‌های جدید در راستای بازیافت زباله و تبدیل آن به مواد کاربردی‌تر نیاز به شناخت شیمیایی و کمیت اجزای پسماند دارد لذا در این مطالعه برآنیم تا برخی از فاکتورهای شیمیایی پسماند شامل مقدار مواد آلی کل، مقدار کربن آلی کل، چگالی واقعی، درصد رطوبت، آنالیز عنصری فلزات سنگین و درصد سایر عناصر شامل نیتروژن، گوگرد و هیدروژن اندازه‌گیری شود. در شروع مطالعه آنالیز فیزیکی زباله جهت آگاهی از درصد اجزای تشکیل دهنده پسماند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه یک پژوهش و تحقیق است که به منظور تعیین وضعیت و ساختار اجزاء زباله‌های شهر بجنورد و شناسایی ساختار و کیفیت آن صورت گرفته است. جهت شناخت مواد تشکیل دهنده‌ی پسماند شهری (آنالیز فیزیکی و شیمیایی پسماند)، به سازمان پسماند شهر بجنورد جهت گرفتن آخرین اطلاعات و آمارهای موجود مراجعه شد. این مطالعه بر روی پسماندهای شهری مناطق شهر بجنورد در محل جمع‌آوری پسماند و در یک نوبت به منظور آنالیز فیزیکی اجزاء مختلف پسماند و آنالیز شیمیایی بخش پسماند تر شهر بجنورد صورت گرفت.

شناسایی خصوصیات شیمیایی بخش تر مواد زائد به منظور ارزیابی فرآیند بازیافت، استفاده مجدد مواد و تکنولوژی تصفیه مواد زائد جامد و تر مفید می‌باشد. امروزه شناخت کیفیت و کمیت پسماند شهرها به یک ضرورت مهم برای برنامه ریزی و مدیریت پسماند هر شهر تبدیل شده است. مقادیر درصد توزیع اجزاء مواد زائد جامد شهری نسبت به منطقه، فصل، شرایط اقتصادی و عوامل متعدد دیگر متغیر خواهد بود.

جهت آنالیزهای شیمیایی و بعد از جداسازی اجزای مختلف پسماند، بخش آلی چندین بار توسط چنگک به هم زده شد تا مخلوط به درستی انجام بگیرد. سپس بخشی از آن جهت آنالیزهای بعدی به آزمایشگاه منتقل شد. جهت آنالیز عنصری نمونه بایستی به

^۳Zhao

^۴Wei

صورت پودر تحویل آزمایشگاه می‌گردید. لذا بخش آلی پسماند در سایه و در مجاورت هوا و به دور از نور برای چندین روز بر روی دستمال تمیزی و بعد از اسپری الکل پهن گردید. بعد از خشک شدن توسط دستگاه آسیاب پودر گردید.

آنالیز فیزیکی

پس از انتخاب و تامین نیروهای مورد نیاز کار آموزش مفاهیم آنالیز فیزیکی از جمله شناخت مواد مختلف، نحوه جداسازی و توزین و همچنین توصیه‌هایی برای صرف دقت لازم و پرهیز از سهل انگاری انجام گرفت. کار آنالیز فیزیکی توسط نیروهای آموزش دیده و با رعایت مسایل ایمنی و بهداشت محیط کار از قبیل: نصب تهویه مناسب، رنگ آمیزی قابل شستشو کارگاه آنالیز فیزیکی و تهیه لباس کار، دستکش، کلاه، ماسک و سایر وسایل بهداشت فردی و با نظارت ناظران و مسئول کارگاه‌ها انجام شد. برای هر یک از مواد حاصل از تفکیک یک ظرف برچسبدار مشخص در نظر گرفته شد که پس از تخلیه نمونه‌های هر منطقه بر روی میز کار و آنالیز دستی هر یک از آنها به ظرف مربوطه منتقل شد. پس از اتمام جداسازی هر نمونه، این ظروف توزین و در فرم‌های مربوطه ثبت شد. با توجه به نسبت وزن هر مورد به وزن کل نمونه، درصد آن محاسبه و ثبت گردید. آنالیز فیزیکی پسماند شامل: کاغذ، مقوا، منسوجات، پوشاک، چوب، لاستیک، پلاستیک، لاک، پت، ظروف یک بار مصرف، شیشه، سنگ، چرم، فلزات، مواد آلی است. در مطالعه حاضر نمونه‌برداری از محل دفن برای بخش مسکونی انجام گرفت.





شکل ۱- جمع آوری و تفکیک زباله توسط افراد دارای تخصص

مواد آلی

نتایج تعیین درصد مواد آلی در پسماند شهری شهرستان بجنورد نشان می‌دهد که مقدار این مواد برابر است با ۶۵٪ از کل پسماند.

پلاستیک

به دلیل مصرف روزافزون ظرف‌ها و بطری‌های پلاستیکی میزان آن‌ها در پسماند شهری روز به روز در حال افزایش است. دوره بازگشت این مواد به طبیعت بسیار طولانی است بنابراین خطرات محیط زیستی به همراه دارد و تبدیل به یکی از مشکلات محیط زیستی جهان شده است [۱۸].

مقوا

نتیجه ارزیابی پسماند شهری در زباله شهرستان بجنورد نشان داد میزان فراوانی مقوا ۱۲/۱٪ می‌باشد.

کاغذ

نتیجه ارزیابی پسماند شهری در زباله شهرستان بجنورد نشان داد میزان فراوانی کاغذ ۱۱/۶۳٪ می‌باشد.

چوب

بررسی مقدار چوب در زباله شهرستان نشان داد که میزان چوب در نمونه پسماند شهرستان بجنورد به مقدار ۳/۲۵٪ می‌باشد. که این مقدار در طی آمارهای ثبت شده تقریباً یکسان بوده است.

پوشاک

میزان پوشاک موجود در پسماند شهری به مقدار ۴/۱۸٪ حاصل شده است.

شیشه

شیشه یکی از مواد مزاحم در تولید کود آلی است. شیشه نسبت به اجزای موجود دیگر در زباله کمترین مشکل محیط زیستی را برای دفن ایجاد می‌کند. جداسازی شیشه از زباله دشوار است، به ویژه اگر این کار به صورت دستی انجام شود نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتری خواهد داشت. اما بازیافت آن انجام‌پذیر و صرفه اقتصادی دارد. که میزان شیشه در نمونه پسماند مورد مطالعه در این پژوهش ۴/۶۸٪ می‌باشد.

فلزات

میزان فلزات گزارش شده در پسماند شهری شهرستان بجنورد به میزان ۳/۰۳٪ گزارش شد. که این میزان در طی دوره‌های متوالی ثابت به نظر می‌رسد.

منسوجات

منسوجات از اجزایی است که خطرات محیط زیستی چندانی ایجاد نمی کند ولی در صورت تفکیک از مبدأ و سوزاندن علاوه بر کاهش هزینه های جمع آوری و حمل و نقل زباله، ارزش حرارتی بالایی داشته و خاکستر ناچیزی نیز بر جای می گذارد. با بررسی های انجام شده ۱۰/۵٪ از نمونه زباله های مورد بررسی را منسوجات تشکیل می دهد.

دیگر مواد

دیگر مواد موجود در زباله ها از قبیل دارو، نان، اشیا و ۵/۳۸ درصد از نمونه مورد بررسی را تشکیل می دهد که مجموعاً به میزان ۵٪ از زباله را در بر می گیرد.

جمع بندی اجزای پسماند شهر بجنورد

کیفیت زباله نیز همانند کمیت آن در شهرهای مختلف متفاوت است. بر اساس تحقیق حاضر نیز مواد فسادپذیر (مواد آلی) بالاترین اجزای فیزیکی زباله را تشکیل داده است. این مطلب در مورد دیگر شهرهای ایران نیز صادق است. بررسی کیفی زباله شهر بجنورد نشان می دهد که مواد آلی، حدود ۶۵/۰۱٪ حجم زباله نمونه را تشکیل می دهد با مقایسه نتایج بدست آمده از تحقیقات مشابهی که برای شهرهای قم در سال ۹۱ [۱۹]، گیلان [۲۰]، همدان [۲۱] انجام یافته مشاهده می شود که میانگین دوره زمانی درصد مواد فساد پذیر در زباله شهر قم (۶۶/۸٪)، آستارا (۷۳/۵٪) و همدان (۷۷/۶٪) بوده است. و پلاستیک و فلزات نیز از اجزای قابل بازیافت به طور متوسط ۱۳/۴۰٪ درصد وزن زباله شهر بجنورد را تشکیل می دهد. در مورد زباله لاهیجان، شهرضا، یزد، همدان به ترتیب ۸/۷٪، ۶/۹٪، ۷/۳٪، ۸/۲٪ گزارش شده است. که مقایسه آن با مقدار به دست آمده برای زباله شهر بجنورد نشانگر درصد به نسبت اندک اجزای فلزی و پلاستیکی در زباله این شهر می باشد. درصد کلیه اجزای پسماند در جدول (۱) گزارش می گردد.

جدول ۱- میزان درصد اجزای پسماند اندازه گیری شده در نمونه مورد بررسی

| اجزا | درصد پسماند | تن در سال (بر اساس درصد و به طور میانگین) |
|----------|-------------|--|
| مواد آلی | ۶۵/۰۱ | ۷۴۸۴۵/۴۴ |
| پلاستیک | ۹/۳۲ | ۱۳۶۵۲/۴۲ |
| لاستیک | ۰/۱۳ | ۴۴۶/۷۶ |
| کاغذ | ۵/۰۱ | ۹۳۲۹/۴ |
| مقوا | ۷/۵۹ | ۱۱۸۳۹/۱۴ |
| فلزات | ۱/۸۱ | ۳۹۸۱/۴۲ |
| شیشه | ۲/۰۵ | ۴۱۷۸/۵۲ |
| چوب | ۱/۰۹ | ۲۲۲۰/۶۶ |
| منسوجات | ۲/۶۳ | ۴۹۵۳/۷۸ |
| سایر | ۵/۳۸ | ۵۹۵۲/۴۶ |
| جمع | ۱۰۰ | ۱۳۱۴۰۰ |

آنالیز شیمیایی

اندازه گیری مقدار مواد آلی کل (TOM)

اندازه گیری مواد آلی به روش کاهش وزن در نتیجه ی احتراق انجام خواهد شد. مزیت این روش نسبت به دیگر روش های موجود دقت، صحت و سرعت بیشتر آن است [۶]. مقدار مشخصی از رسوبات تر را برداشته و به کروزه وزن شده (وزن کروزه خالی=A) منتقل می گردد. سپس آن را به مدت ۲۴ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار می گیرد تا خشک شود (وزن کروزه+وزن رسوب خشک شده =B). در ادامه رسوب خشک شده مرحله قبلی به مدت ۴ ساعت در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد قرار می گیرد (C). اوزان مربوطه تعیین و محاسبه به کمک فرمول زیر انجام خواهد شد:

$$T.O.M\% = \left(\frac{B - C}{B - A} \right) * 100$$

برای تبدیل TOM به کربن آلی کل TOC بر اساس فرمول زیر می توان از ضریب ۱/۸ استفاده کرد:

$$TOC(\mu g/g) = TOM(\mu g/g)/1.8$$

A وزن کروزه خالی = ۳۵/۷۰۵

B وزن نمونه بعد از ۲۴ ساعت در آون+وزن کروزه = ۳۹/۰۵۳

C وزن کروزه+وزن نمونه بعد ۴ ساعت در کوره = ۳۵/۸۴۶

TOM = ۹۷/۷۸

با توجه به محاسبات انجام شده مقدار مواد آلی گزارش شده در نمونه ۹۷/۷۸ درصد می باشد.



شکل ۲- پسماند آلی در کروزه برای محاسبه مقدار مواد آلی کل (TOM)



شکل ۳- اندازه گیری جرم کروزه در مرحله B



شکل ۴- اندازه گیری جرم کروزه مرحله C

اندازه گیری کربن آلی کل (TOC)

کربن آلی کل میزان کربن موجود در ترکیبات آلی است. کربن آلی کل پارامتری است که اندازه گیری آن در مطالعات محیط زیستی و نیز در صنایع مختلفی نظیر صنعت داروسازی و تولید نیمه‌هادی‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای تعیین مقدار TOC، کربن آلی باید اکسید شده و به CO₂ تبدیل و مقادیر CO₂ آزاد شده توسط آشکارساز اندازه‌گیری گردد. تفاوت دستگاه‌های تجاری موجود برای اندازه‌گیری کربن آلی کل در فرآیند اکسید نمودن و نیز نوع آشکارساز آن‌ها می‌باشد. برای بدست آوردن مقدار TOC از فرمول ذیل استفاده گردید که مقدار آن ۵۳/۲۱ گزارش می‌گردد.

$$TOC \left(\frac{\mu g}{g} \right) = \frac{TOM \left(\frac{\mu g}{g} \right)}{1.8} = 53/21$$

اندازه‌گیری مقدار رطوبت

برای اندازه‌گیری رطوبت پسماند به روش ذیل اقدام می‌شود: ابتدا آون را روشن کرده و درجه آن را روی ۱۰۵ درجه تنظیم کنید. بعد از رسیدن به این دما شما یک عدد پلیت را که از قبل کاملاً شسته و خشک کرده‌اید را بمدت نیم تا یک ساعت در آن قرار داده تا رطوبت باقی مانده در آن بطور کامل از بین برود. بعد پلیت را با پنس از آون خارج کرده و در دسیکاتور قرار دهید تا خنک شود. در دسیکاتور مواد سلولیکاتی وجود دارد که علاوه بر عمل خنک‌کنندگی باعث جذب رطوبت نیز می‌گردند. قرار دادن پلیت در دسیکاتور باعث می‌شود که پلیت و پسماند داخل آن بعد از خروج از آون و حین خنک شدن مجدداً رطوبت جذب نکنند. مقداری از رطوبت که در داخل پسماند وجود دارد مربوط به خود مواد داخل پسماند می‌باشد و مقداری از رطوبت هم از طریق هوا وارد پسماند می‌شود و اگر این ماده در معرض یک هوای مرطوب قرار بگیرد می‌تواند مقداری از رطوبت محیط را به خود جذب نماید. بعد از خنک شدن آن را بوسیله ترازو وزن نموده و این وزن را یادداشت نمایید این وزن خالص پلیت شیشه‌ای می‌باشد. بعد ترازو را صفر کرده و مقدار ۵ تا ۱۰ گرم از پسماند مورد نظر را در پلیت وزن نموده و یادداشت می‌نمایید. بعد پلیت حاوی پسماند را در آون بمدت ۱۸ تا ۲۴ ساعت قرار دهید.

بعد از سپری شدن این مدت پلیت را با پنس از داخل آون بیرون آورده و بلافاصله در داخل دسیکاتور قرار می‌دهید تا دمای خود را از دست بدهد. حالا پلیت را با ترازو وزن نموده و به کمک فرمول زیر درصد رطوبت پسماند محاسبه می‌گردد:

(قبل از قرار دادن در آون) (بعد از قرار دادن در آون)


$$100 \times (\text{وزن نمونه} + \text{وزن پلیت}) - (\text{وزن نمونه} + \text{وزن پلیت})$$

وزن نمونه

با قرار دادن اعداد به دست آمده در معادله فوق مقدار درصد رطوبت پسماند بدست می آید.

$$\frac{(52.15+10)-(54.80)}{10} = 73.5\%$$



شکل ۵- اندازه گیری جرم نمونه آلی پسماند بعد از ۲۴ ساعت در آون برای محاسبه رطوبت

اندازه گیری چگالی

دانسیته بصورت وزن یک ماده به ازای واحد حجم تعریف شده است. بدلیل اینکه دانسیته مواد زاید جامد اغلب برای پسماند تازه در شرایط خاص گزارش می شود نوع آزمایش باید مطرح شود. رطوبت پسماند معمولاً به صورت وزن تر و خشک بیان می شود. در روش وزن تر، رطوبت موجود در یک نمونه بصورت درصد وزن تر مواد و روش وزن خشک بصورت درصد وزن خشک مواد بیان می شود. روش وزن تر در زمینه مدیریت پسماند بیشتر استفاده می شود و بصورت کاهش وزن در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قابل محاسبه است.

جهت تعیین دانسیته یا چگالی مخلوط پسماندهای جامد، ابتدا اختلاط کامل توده های پسماند به کمک بیل یا چنگک توسط کارگر مسئول انجام می گیرد و سپس جهت صحت و دقت بیشتر در انتخاب نمونه، عملیات نمونه برداری با سه بار تکرار به اجراء در می آید. سپس نمونه های تهیه شده به داخل یک ظرف پلاستیکی استوانه ای به حجم مشخص منتقل می شود. پس از پر و فشرده شدن مواد زاید در ظرف با استفاده از ترازو، وزن توده پسماند با ظرف تعیین شده که بعد از کسر وزن ظرف، وزن توده مواد زاید جامد به دست آمده و سپس وزن پسماند در یک متر مکعب (بر اساس حجم ظرف استفاده شده در اندازه گیری) یا همان دانسیته پسماند محاسبه می گردد.

طبق فرمول ذیل جرم بشر خالی را ابتدا اندازه گرفته، سپس پسماند آلی را بعد از میکس کردن داخل بشر ریخته و وزن آن را دوباره همانطور که در شکل (۴-۷) ملاحظه می شود اندازه گیری کرده و با تقسیم بر حجم بشر می توان چگالی حقیقی را محاسبه کرد. مقدار چگالی محاسبه شده ۱/۵۸ گرم بر سانتی متر مکعب گزارش می گردد.

$$M/V = 1.58 \text{ g/cm}^3$$



شکل ۶- توزین نمونه برای محاسبه چگالی

اندازه‌گیری مقدار ازت، گوگرد، کربن و هیدروژن

رایجترین روش برای اندازه‌گیری ازت کل موجود روش کجلدان است که برای اولین بار در سال ۱۸۸۳ توسط دانشمند دانمارکی ارلئه گردید و تا کنون از این روش برای تعیین میزان ازت استفاده می‌شود. البته جدا از روش کجلدان می‌توان از روش آنالیز عنصری استفاده کرد. دستگاه آنالیز عنصری CHNSO یک وسیله برای تعیین کربن، هیدروژن، نیتروژن، سولفور و اکسیژن در ماتریس‌های آلی و دیگر انواع مواد است. در این روش کربن به کربن دی اکسید، هیدروژن به آب، نیتروژن به گاز نیتروژن یا اکسید نیتروژن و سولفور به سولفور دی اکسید تبدیل می‌شود. اگر دیگر عناصر نیز وجود داشته باشند به محصولات احتراق تبدیل می‌شوند. محصولات احتراق توسط گاز حامل خنثی مانند هلیم به محفظه احتراق فرستاده شده و نهایتاً از مس با خلوص بالا عبور می‌کند. عملکرد مس زدودن اکسیژن مصرف نشده در احتراق و تبدیل اکسید نیتروژن به گاز نیتروژن است. سپس گاز از تله‌های جذب کننده عبور کرده به طوری که فقط کربن دی اکسید، آب، نیتروژن و سولفور دی اکسید از آن عبور کنند.

آنالیز CHN یک آنالیز عنصری برای اندازه‌گیری میزان کربن، هیدروژن و نیتروژن در نمونه‌ها است. این آنالیز جزء روش‌های آنالیز احتراقی است. دستگاه CHN برای اندازه‌گیری عناصر کربن، نیتروژن و هیدروژن درون نمونه، نمونه را با استفاده از گاز خالص اکسیژن درون محفظه احتراق (Combustion Chamber) می‌سوزانند. گازهای حاصل از احتراق به یک دستگاه کروماتوگرافی گازی منتقل می‌شوند. بر اثر اختلاف سرعت حرکت گازهای کربن دی اکسید، بخار آب و نیتروژن درون ستون کروماتوگرافی، این گازها از هم جدا می‌شوند و مقدار هر یک از این گازها با استفاده از آشکارساز دستگاه اندازه‌گیری می‌شوند.

مقدار هر یک از این گازها با مقدار کربن، نیتروژن و هیدروژن درون ساختار متناسب است از این رو می‌توان مقدار این عناصر را درون نمونه مشخص کرد. در این آنالیز خلوص بالای گاز اکسیژنی که برای احتراق استفاده می‌شود بسیار مهم است زیرا وجود ناخالصی باعث ایجاد خطا در اندازه‌گیری می‌شود. از طرف دیگر به دلیل استفاده از گاز اکسیژن برای سوزاندن نمونه امکان اندازه‌گیری اکسیژن موجود در نمونه وجود ندارد. بعد از احتراق می‌توان وزن ماده باقی مانده در محفظه را اندازه‌گیری کرد (اگر امکان جدا کردن آن وجود داشته باشد). با وزن کردن ماده باقیمانده می‌توان درصد وزنی ماده غیر قابل اشتعال را اندازه‌گیری کرد و برای بررسی عنصری و یا ترکیبی، ماده جامد باقیمانده را برای سایر آنالیزهای عنصری یا تشخیص فاز مانند XRF و XRD فرستاد تا ترکیب و ساختار ماده جامد باقیمانده مشخص شود.

به طور کلی، به منظور شناسایی و کنترل کیفیت مواد گوناگون، ارزیابی ترکیب شیمیایی مواد و به ویژه شناسایی عناصر سبکی چون کربن و گوگرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. روش آنالیز عنصری با استفاده از دستگاه اندازه گیری یکی از مهمترین روشهایی است که برای این منظور استفاده می‌شود. مهمترین مزایای این روش، دقت بالا در حداقل زمان ممکن، مقرون به صرفه بودن و تطابق کامل این روش با مراکز تحقیقاتی و صنعتی مختلف است. در روش آنالیز عنصری با استفاده از دستگاه نمونه در یک کوره کاملا ذوب شده و با اندازه گیری گازهای متصاعد شده از نمونه، میزان عنصر گوگرد با دقت بالا به دست می‌آید.

آنالیز عنصری

برای آنالیز CHNS (کربن، هیدروژن، نیتروژن و گوگرد) و آنالیز عنصری ICP MS^۵ (آنالیز پلاسمای جفت شده القایی-طیف سنج جرمی) نمونه‌ی آماده شده به شرکت مهامکس جهت آنالیز عنصری ارسال گردید.



شکل ۷- نمونه آسیاب شده پسماند آلی خشک شده



شکل ۸- نمونه ارسال شده جهت آنالیز عنصری CHNS و آنالیز عنصری ICP MS

و همچنین نتایج حاصل از آزمایش CHNS به صورت زیر گزارش شد که بیشترین مقدار عنصر کربن با ۳۹.۶۹٪ اعلام گردید.

^۵ Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

جدول ۲- نتایج آزمایش CHNS

| Sample name | C% | H% | N% | S% |
|-------------|-------|------|------|-----|
| پسماند | ۳۹/۶۹ | ۶/۱۵ | ۱/۶۲ | ۰/۲ |

آنالیز عنصری فلزات سنگین

برای اندازه گیری فلزات سنگین از روش ICP-Mass می توان استفاده کرد. مزیت استفاده از دستگاه ICP-Mass این است که چندین عنصر را می توان به طور همزمان اندازه گیری کرد. این دستگاه به روش اسپکترومتری جرمی جهت اندازه گیری عناصر فلزی، بعضی شبه فلزات و نافلزات و عناصر کمیاب در سنگ های معدنی، آب و فاضلاب، مواد غذایی، گیاه و خاک های کشاورزی به کار برده می شود. این روش بر مبنای استفاده از پلاسما است که بوسیله جریانی از گاز آرگون توسط یک میدان مغناطیسی با فرکانس رادیویی ۲۷ - ۴۰ MHz یونیزه می شود و حرارتی نزدیک به ۱۰۰۰۰ درجه کلون تولید می کند. نمونه توسط یک نبولایزر به داخل پلاسما آرگون پاشیده می شود و در دمای بالا نمونه تبدیل به ذرات یونی می شوند و این ذرات یونی توسط اسپکترومتر جرمی شناسایی و اندازه گیری می شوند. این سیستم می تواند چندین عنصر را بطور همزمان و در گستره غلظتی وسیع از مقادیر کمتر از ppb تا چند صد ppm اندازه گیری کند که سبب افزایش در سرعت و تکرار پذیری و دقت بالا در آنالیز نمونه ها می شود. این روش در مقایسه با روش های دیگر، روشی حساس تر با حد تشخیص بهتر می باشد.

طبق گزارش آزمایشگاه نتایج آنالیز عنصری ICP MS به صورت ذیل بدست آمده است. که بیشترین عناصر را به ترتیب کلسیم (بیشتر از ۶ ppm)، آهن (۱۰۰۰۰ ppm)، پتاسیم (۷۵۷۱.۶۲ ppm)، منیزیم (۱۶۰۸ ppm)، سدیم (۶۱۶۳.۵۱ ppm)، فسفر (۶۸۱۳.۵۱ ppm)، گوگرد (۲۰۲۷.۰۳ ppm) به خود اختصاص داده اند.

جدول ۳- نتایج آزمایش ICP MS

| compound | ppm | compound | ppm | compound | ppm |
|----------|---------|----------|-------|----------|---------|
| Ag | <۰,۱ | Sb | <۰,۱ | Pd | <۰,۱ |
| Al | ۱۱۲,۶۱ | Sc | <۰,۱ | Pr | <۰,۱ |
| As | ۰,۲۳ | Se | ۰,۲۴ | Pt | <۰,۱ |
| Au | <۰,۱ | Sm | <۰,۱ | Re | ۱۳,۷۳ |
| B | ۹,۴۶ | Sn | ۰,۹۰ | Rh | <۰,۱ |
| Ba | ۸,۱۱ | Sr | ۶۶,۲۲ | Ru | <۰,۱ |
| Be | <۰,۱ | Ta | ۰,۴۸ | Rb | ۲,۶۵ |
| Bi | <۰,۱ | Tb | <۰,۱ | S | ۲۰۲۷,۰۳ |
| Ca | >۱۰۰۰۰۰ | Te | ۲,۷۰ | Hg | ۰,۱۷ |
| Cd | <۰,۱ | Th | ۰,۴۴ | Ho | <۰,۱ |
| Ce | ۰,۲۰ | Ti | ۵,۵۱ | In | <۰,۱ |
| Co | ۰,۸۹ | Tl | <۰,۱ | Ir | ۰,۲۰ |

^۱ Parts per million

| | | | | | |
|----|--------|----|-------|----|---------|
| Cr | ۱.۰۹ | Tm | <۰,۱ | K | ۷۵۷۱.۶۲ |
| Cs | <۰,۱ | U | <۰,۱ | Mg | ۱۶۰۸.۱۱ |
| Cu | ۶.۷۶ | V | <۰,۱ | Mn | ۱۶.۵۷ |
| Dy | <۰,۱ | W | ۰.۱۶ | Mo | ۰.۶۴ |
| Er | <۰,۱ | Y | <۰,۱ | Na | ۶۱۶۳.۵۱ |
| Eu | <۰,۱ | Yb | <۰,۱ | Pb | ۲.۲۷ |
| Fe | ۲۸۳.۴۵ | Zn | ۱۹.۵۰ | Gd | <۰,۱ |
| Ga | ۱.۱۹ | Zr | ۰.۴۹ | Ge | <۰,۱ |
| Lu | <۰,۱ | La | <۰,۱ | Hf | ۰.۴۸ |
| Li | ۰.۲۳ | | | | |

نتیجه گیری

جهت استفاده بهینه از پسماند و تبدیل آن به یک ماده با ارزش شناخت کیفیت و کمیت پسماند مهم است. لذا در این مقاله ابتدا بعد از تفکیک اجزای مختلف پسماند، درصد هر جزء به تفکیک بیان شد (جدول ۱). هر کدام از این اجزاء به تنهایی جهت امر بازیافت قابل استفاده هستند. بیشترین بخش پسماند را مواد آلی (حدود ۶۵ درصد) تشکیل می دهد. در بخش بعدی کار به آنالیز شیمیایی بخش تر و یا آلی پسماند خانگی پرداخته شد. پارامترهای کربن آلی کل (TOC)، مقدار مواد آلی کل (TOM) (شکل ۱، ۲ و ۳) نشان داد که ۹۷/۷۸ درصد پسماند آلی شامل مواد آلی کل است و از این بین حدود ۵۰ را مقدار کربن آلی کل تشکیل می دهد. اندازه رطوبت (شکل ۴ و ۵) پسماند آلی کل ۷۳/۵ درصد است. با توجه به اینکه مطالعه بر روی بخش آلی پسماند و همچنین پسماند جمع آوری شده در ایستگاه زباله صورت گرفت این درصد رطوبت قابل قبول است. چگالی واقعی (شکل ۶) بخش آلی پسماند مقدار ۱/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. مقدار ازت، گوگرد، کربن و هیدروژن (جدول ۲) بر اساس نتایج آنالیز دستگاهی نشان از درصد بالای عنصر کربن در نمونه است. آنالیز عنصری فلزات سنگین (شکل ۷ و ۸ و جدول ۳) نشان داد به ترتیب بیشترین عناصر موجود در بخش آلی پسماند شامل کلسیم (بیشتر از ۷۰۰۰۰ ppm)، پتاسیم (۷۵۷۱.۶۲ ppm)، فسفر (۶۸۱۳.۵۱ ppm)، سدیم (۶۱۶۳.۵۱ ppm)، گوگرد (۲۰۲۷.۰۳ ppm)، منیزیم (۱۶۰۸ ppm) و آهن (۲۸۳.۴۵ ppm) است. یکی از گروه های آلاینده خطرناک در پسماند و شیرابه حاصل از آن فلزات سنگین بوده که می تواند تهدید زیست محیطی جدی برای خاک های اطراف لندفیل و آب زیرزمینی داشته باشد. فلزات سنگین قابلیت تجزیه بیولوژیکی نداشته و ماندگاری بسیار بالایی دارند و قادرند به تدریج از طریق زنجیره غذایی در بافت بدن جانوران و گیاهان تجمع یابند و اثرات مہلکی را بر انسان و جاندارانی که از گیاهان آلوده در منطقه استفاده می کنند، داشته باشند. مطالعه حاضر بر پسماند بخش خانگی شهرستان بجنورد نشان داد فلزات سنگینی همچون کبالت (۰.۸۹ ppm)، مس (۶.۷۶ ppm)، آرسنیک (۰.۲۳ ppm)، مولیبدن (۰.۶۴ ppm)، کادمیوم (۰.۱ ppm)، روی (۱۹.۵ ppm)، کروم (۱.۰۹ ppm)، نیکل (۱.۹۶ ppm)، سرب (۲.۲۷ ppm) به مقدار بسیار کمتری در پسماند بخش خانگی وجود دارند.

^۱Parts per million

منابع و مراجع

- [۱] Norpour A., *Publication of IT management and document center*, (۱۳۹۲) in Persian, Tehran.
- [۲] Herbert F., Lund P.E., *Recycling information and sources*, Environmental Protection Agency Washington DC, ۲۰۰۱.
- [۳] Pendashteh A., Ghavidel A., *Plan to investigate the situation of rural waste in Gilan*, *University Jihad Environmental Research Institute*, (۱۳۸۳) in Persian.
- [۴] Ghafarzadeh Haghighi Fard N., Yaghmaeyan K., Hoseini M., Bahrami H., *Comprehensive Waste Management: Tehran*, Khaniran, (۱۳۸۸) pp. ۱۱۹۲.
- [۵] Zazouli M.A., Yousefi Z., Eslami A., *Municipal solid waste landfill leachate treatment by fenton, photo-fenton and fenton-like processes: Effect of some variables*, *J Environ Health Sci Engineer*, ۹ (۲۰۱۲). <https://doi.org/10.1186/1743-2746-9-3>.
- [۶] Kanat G., *Municipal solid- waste management in Istanbul*, *Journal of waste manag*, ۳۰ (۲۰۱۰), pp. ۱۷۳۷- ۱۷۴۵.
- [۷] Omrani G. A., Karbasi A. R., Monavari M., Yousefi N., *Investigation of the status of collection, disposal or recycling of construction waste Case study of Tehran*, *Quarterly Journal of Environmental Science and Technology*, ۷ (۱۳۸۴), pp. ۵۲-۶۱.
- [۸] Asgharnia H. A., Omrani G. A., Amoe A. E., *Comparison of aerobic compost with compost prepared by Izna foetida earthworm (vermicompost) in terms of ripening time and microbial and chemical quality*, *Journal of Environmental Health Research Center*, ۱۳ (۱۳۸۳), pp. ۱۳-۱۷.
- [۹] Hasanvand M., Nabizadeh Nodehi R., Heidari M., *Analysis of municipal solid waste in Iran. Health and the environment*, ۱ (۱۳۸۷), pp. ۹-۱۸.
- [۱۰] Samadi M. T, Morshedi Seif M., *Study of physical composition and amount of waste production in Hamedan from June ۱۹۹۹ to May ۲۰۰۰*, *Journal of Hamadan University of Medical Sciences and Health Services*, (۱۳۸۰).
- [۱۱] Norouziyan Baghani A., Dehghani S., Farzadkia M., Delikhon M., Jomye M., *Comparative study of production rate and composition of solid waste in Shiraz* (۲۰۱۴), *Journal of Qazvin University of Medical Sciences*, ۲۱ (۱۳۹۳) pp. ۵۷-۶۵.
- [۱۲] Otadi N., Reyasi P., Shekarzadeh M., *Physical and chemical analysis of Qazvin municipal waste in order to determine the criteria for separation of materials from the source*, *The first specialized conference on environmental engineering*, Tehran, (۱۳۸۵).
- [۱۳] Rastegar A., Ghasemi L., Elahabadi A., Farzadkia M., *Investigating the amount of solid waste produced in Mashhad in ۲۰۱۲*, *Sabzevar University of Medical Sciences*, ۲۲ (۱۳۹۱) pp. ۹۳۷-۹۴۳.
- [۱۴] Sarkar M. S. I., Bhuyan M. S., [Analysis of physical and chemical composition of the solid waste in Chittagong city](#), *Journal of Industrial Pollution Control*, ۳۴ (۲۰۱۸), pp. ۱۹۸۴-۱۹۹۰.
- [۱۵] Tuprakay S. R., Suksabye P, Menchai P, Tuprakay S, [The physical and chemical properties of solid waste from water tourism. Case study: Taling Chan Floating Market, Bangkok, Thailand](#), *Waste Management and the Environment*, ۷ (۲۰۱۴), pp. ۱۰۳.
- [۱۶] Zhao S., Duo L., *Bioaccumulation of Cadmium, Copper, Zinc, and Nickel by Weed Species from Municipal Solid Waste Compos*, *Pol. J. Environ. Stud.*, ۲۴ (۲۰۱۵) pp. ۴۱۳-۴۱۷.

[۱۷] Zhang W.J., Zhan L.T., Chen Y.M., Wei H.Y., Unsaturated-saturated seepage analysis of municipal solid wastes [in Chinese], *Chin. J. Rock Mech. Eng.*, ۲۶ (۲۰۰۷) ۸۷-۹۳.

[۱۸] <https://mahamax.com/>

[۱۹] Saeednia A., Municipal, *Organization of Municipalities and Villages of the country*, (۱۳۸۷) in Persian.

[۲۰] Farzadkia M., Fahimi Nia M., Majidi Gh., Mirzabeigi Arhani M., Hoseini M. R., Yousefi N., Industrial waste management in Shokohiyeh industrial town of Qom province in ۲۰۱۲, *Iranian Journal of Occupational Health*, ۱۲ (۱۳۹۴).

[۲۱] Maleki A., Omrani A., Investigation of quantitative and qualitative characteristics of municipal waste and its management in Hamadan, ۴th *National Conference on Environmental Health, Yazd*, (۱۳۸۰) in Persian.