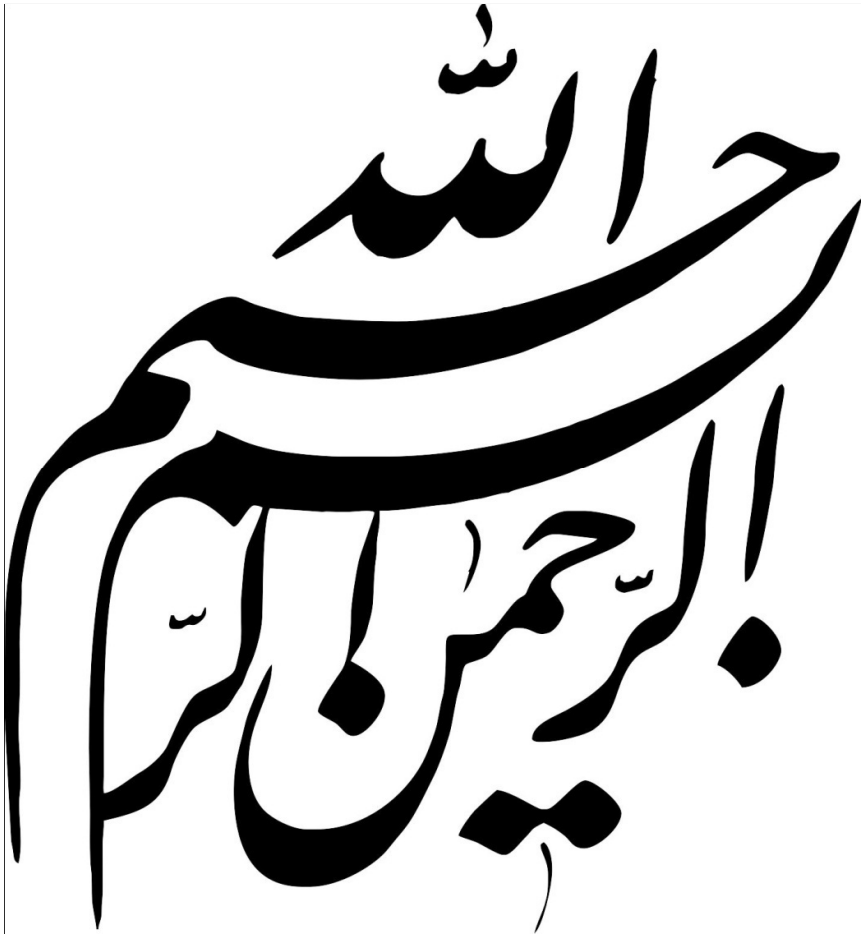
بسم الله
الرحمن الرحیم

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زیست شناسی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته زیست شناسی گرایش میکروبیولوژی

بررسی تحمل و جذب زیستی برخی فلزات سنگین توسط انواعی از سویه-های مخمری

استاد راهنما:

دکتر زهرا اعتمادی‌فر

استاد مشاور:

دکتر ایرج نحوی

پژوهشگر:

علیرضا حسنی

تیر ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زیست شناسی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته زیست شناسی گرایش میکروبیولوژی

آقای علیرضا حسنی تحت عنوان

بررسی تحمل و جذب زیستی برخی فلزات سنگین توسط انواعی از سویه‌های مخمری

در تاریخ ۹۰/۴/۲۲ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر زهرا اعتمادی فر با مرتبه ی علمی استادیار امضا

۲- استاد مشاور پایان نامه دکتر ایرج نحوی با مرتبه ی علمی استاد امضا

۴- استاد داور داخل گروه دکتر مجید بوذری با مرتبه ی علمی دانشیار امضا

۵- استاد داور خارج از گروه دکتر محسن مبینی دهکردی با مرتبه ی علمی استادیار امضا

امضای مدیر گروه

سید جمال مشتاقیان

چکیده

آلودگی محیط زیست توسط فلزات سنگین به یکی از جدی‌ترین معضلات زیست محیطی امروز تبدیل شده است. فلزات سنگین با ورود به محیط وارد چرخه‌ای می‌شوند که طی آن بین محیط و موجودات زنده مورد تبادل قرار می‌گیرند و اثرات سمی بر موجودات زنده می‌گذارند. در طی سالیان گذشته روش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی مانند اسموز معکوس، دیالیز، تشعشع گاما، اولترا فیلتراسیون، رسوب لخته‌ای، استخراج حلال، اکسیداسیون(توسط ازون و پراکسید هیدروژن)، هیدرولیز، الکترولیز، تیمار کروم و کروماتوگرافی برای پاکسازی فلزات سنگین مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته‌اند، اما اکثر آنها مشکل، پرخطر، پیچیده و ناکامل، گران و انرژی بر هستند. استفاده از میکروارگانیزم‌ها برای جذب فلزات سنگین، می‌تواند جایگزینی مناسب برای روش‌های فوق باشد، زیرا یا از ارگانیزم‌هایی استفاده می‌شود که فراوان هستند، مثل علف دریایی، و یا از بایومس دورریز کارخانه‌های تخمیری استفاده می‌شود. جذب زیستی توسط میکروارگانیزم‌های مختلف مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، مخمرها و جلبک‌ها امکان‌پذیر است.

در این تحقیق از سه مخمر استاندارد *Saccharomyces cerevisiae* PTCC 5052 ، *Kluyveromyces marxianus* DSMZ 5422 و *Yarrowia lipolytica* DSMZ 8218 استفاده شد. مقاومت مخمرها نسبت غلظت‌های مختلف فلزات سنگین روی، مس، کادمیم و سرب سنجیده شد، سپس بر اساس مقاومت‌های مشاهده شده توانایی مخمرها در جذب این فلزات سنگین مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایش دیگری جهت بررسی اثر گلوکز روی جذب در غلظت‌های پایین انجام شد. جهت بررسی جذب فلز از پساب نیز آزمایش دیگری انجام شد. در این آزمایش از پساب مصنوعی، با اضافه کردن هر چهار فلز با غلظت ۱۰ppm به پساب یک کارخانه کاشی‌سازی، استفاده شد.

در آزمایش مقاومت، مقاومت بیشتری نسبت به مس و روی و مقاومت کمتری نسبت به کادمیم و سرب مشاهده شد. میزان جذب مخمرها در غلظت‌هایی که به آن حساس بودند بالاتر بود و در غلظت‌هایی که به آن‌ها مقاوم بودند، جذب کمتری مشاهده شد. گلوکز روی جذب سطحی بی‌اثر و روی جذب داخلی اثرگذار بود، زیرا جذب داخلی فرآیندی وابسته به انرژی و جذب سطحی مستقل از انرژی است.

در آزمایش پساب میزان فلزات جذب شده نسبت به آزمایش‌های قبلی کمتر بود، که دلایل مختلفی همچون جذب رقابتی بین چهار فلز، وجود آنیون‌ها در پساب و استفاده از غلظت‌های پایین‌تر فلز داشت. بیشترین میزان جذب کلی در آزمایش پساب مربوط به مخمر *کلویورومایسز مارکسیانوس* و کمترین میزان جذب مربوط به مخمر *ساکارومایسز سرویزیه* بود.

کلمات کلیدی: مخمر، فلزات سنگین، جذب زیستی، مقاومت به فلزات سنگین، جذب اتمی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه

۱-۱-۱- معرفی ۱

۱-۱-۲- مضرات فلزات سنگین در بدن و محیط ۱

۱-۱-۲-۱- کادمیم ۳

۱-۱-۲-۲- سرب ۵

۱-۱-۲-۳- روی ۶

۱-۱-۲-۴- مس ۷

۱-۲- میکروارگانیزمها و فلزات سنگین ۷

۱-۲-۱- اهمیت ۷

۱-۲-۲- مقاومت به فلزات سنگین ۹

۱-۲-۲-۱- مقاومت به کادمیم ۱۳

۱-۲-۲-۲- مقاومت به مس ۱۵

۱-۲-۲-۳- مقاومت به سرب ۱۷

۱-۲-۲-۴- مقاومت به روی ۱۷

۱-۳- مخمرها ۱۹

۱-۳-۱- تاریخچه ۲۰

۱-۳-۲- رشد و تغذیه ۲۱

۱-۳-۳- اکولوژی ۲۱

عنوان **صفحه**

۱-۳-۴- کاربردهای بیوتکنولوژیک ۲۳

۱-۳-۵- *ساکارومایسز سرویزیه* ۲۳

۱-۳-۵-۱- مزایای استفاده از *ساکارومایسز سرویزیه* در حذف فلزات سنگین ۲۴

۱-۳-۶- *یاروویا لیپولیتیکا* ۲۵

۱-۳-۶-۱- برهمکنش *یاروویا لیپولیتیکا* با فلزات سنگین ۲۶

۱-۳-۷- *کلویورومایسز مارکسیانوس* ۲۹

۱-۴- جذب زیستی ۳۰

۱-۴-۱- اثر عوامل فیزیکی بر جذب ۳۲

۱-۴-۱-۱- اثر pH بر جذب فلزات سنگین ۳۲

۱-۴-۱-۲- اثر دما بر جذب فلزات سنگین ۳۳

۱-۴-۱-۳- اثر آنیونها و کاتیونها بر ورود و سمیت فلزات سنگین ۳۴

۱-۴-۱-۴- اثرغلظت اولیه فلزات در جذب آنها ۳۵

۱-۴-۱-۵- اثر اولیه توده سلولی بر جذب فلزات سنگین ۳۶

۱-۵- پاکسازی زیستی ۳۷

۱-۵-۱- استفاده از گیاهان در پاکسازی زیستی ۳۷

۱-۵-۲- استفاده از میکروارگانیزمها جهت تصفیه پسابهای حاوی فلز ۳۸

۱-۵-۳- تثبیت توده سلولی ۳۹

۱-۵-۳-۱- روشهای تثبیت توده سلولی ۴۰

۱-۶ اهداف تحقیق ۴۳

عنوان **صفحه**

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۳-۱ محیط کشت YPD براث ۴۶

۲-۳-۲- محیط کشت YPD آگار ۴۶

۲-۷-۱- بررسی میزان جذب فلز در مخمرها بر اساس غلظتهای مقاومت آنها ۴۹

۲-۷-۲- بررسی میزان جذب فلز در مخمرها در غلظتهای پایین همراه با بررسی اثر گلوکز ۵۰

۲-۷-۳- انجام آزمایش جذب روی پساب ۵۰

۲-۷-۴- اندازه گیری وزن خشک مخمرها در آزمایش جذب ۵۱

۲-۸- جذب اتمی ۵۱

فصل سوم: نتایج

۳-۱- منحنی رشد مخمرها ۵۵

۳-۲- سنجش مقاومت مخمرها به فلزات سنگین ۵۵

۳-۲-۱- مقاومت به فلز مس ۵۵

۳-۲-۲- مقاومت به فلز روی ۵۷

۳-۲-۳- مقاومت به فلز سرب ۵۹

۳-۲-۴- مقاومت به فلز کادمیم ۶۱

۳-۳- آزمایش جذب ۶۲

۳-۳-۱- بررسی میزان جذب فلز در مخمرها بر اساس غلظتهای مقاومت آنها ۶۲

۳-۳-۱-۱- جذب فلز مس ۶۲

عنوان **صفحه**

۳-۳-۱-۲- جذب فلز روی ۶۵

۳-۳-۱-۳- جذب فلز کادمیم ۶۸

۳-۳-۱-۴- جذب فلز سرب ۷۰

۳-۳-۲- بررسی میزان جذب فلز در مخمرها در غلظتهای پایین همراه با بررسی اثر گلوکز ۷۲

۳-۳-۲-۱- جذب فلز مس ۷۲

۳-۳-۲-۲- جذب فلز روی ۷۳

۳-۳-۲-۳- جذب فلز کادمیم ۷۴

۳-۳-۲-۴- جذب فلز سرب ۷۵

۳-۳-۳- انجام آزمایش جذب روی پساب ۷۶

فصل چهارم: بحث

۴-۱-مخمرهای به کار رفته ۷۹

۴-۲- مقاومت مخمرها نسبت به فلزات سنگین ۸۰

۴-۳- رابطه مقاومت و جذب فلزات سنگین ۸۲

۴-۴- بررسی اثر گلوکز ۸۴

۴-۵- جذب فلزات از پساب ۸۵

۴-۶- نتیجه‌گیری کلی ۸۷

۴-۶- پیشنهادات ۸۸

منابع و مأخذ ۸۹

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱ ترکیبات محیط کشت YPD ۴۶
جدول ۲-۲ مشخصات مخمرهای مورد استفاده ۴۷
جدول ۳-۱- مقادیر آنیونهای موجود در پساب ۷۶

عنوان **صفحه**

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ یک ATPase نوع P و قسمتهای مختلف آن ۱۰

شکل ۱-۲ جوانهی مخمر ۱۹

شکل ۱-۳ عکس میکروسکوپ الکترونی(راست) و شکل شماتیک(چپ) از سلول مخمر ۲۰

شکل ۱-۴ چرخه هاپلوئید و دیپلوئید سلولهای مخمر ۲۴

شکل ۱-۵ مکانیزمهای سمیت زدایی و تحمل فلزات سنگین در یاروویا لیپولیتیکا ۲۸

شکل ۱-۶ سلولهای مخمر تثبیت شده بر سطح نانوذرات مغناطیسی با روکش کیتوزان ۴۱

شکل ۱-۷ سیلیکاژل تقویت شده با پشم شیشه (a)- سلولهای *کلویورومایسز مارکسیانوس* ۴۱

شکل ۱-۸ سلولهای ساکارومایسز سرویزیه تثبیت شده روی آلژینات کلسیم ۴۲

نمودار ۳-۱- منحنی رشد مخمر *Saccharomyces cerevisiae* PTCC 5052 ..... ۵۴

نمودار ۳-۲- منحنی رشد مخمر *Kluyveromyces marxianus* DSM 5422 ..... ۵۴

نمودار ۳-۳- منحنی رشد مخمر *Yarrowia lipolytica* DSM 8218 ..... ۵۵

نمودار ۳-۴- منحنی رشد مخمر *ساکارومایسز سرویزیه* در حضور غلظتهای مختلف فلز مس ۵۶

نمودار ۳-۵- منحنی رشد مخمر *کلویورومایسز مارکسیانوس* در حضور غلظتهای مختلف فلز مس ۵۶

نمودار ۳-۶- منحنی رشد مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* در حضور غلظتهای مختلف فلز مس ۵۷

نمودار ۳-۷- منحنی رشد مخمر *ساکارومایسز سرویزیه* در حضور غلظتهای مختلف فلز روی ۵۸

نمودار ۳-۸- منحنی رشد مخمر *کلویورومایسز مارکسیانوس* در حضور غلظتهای مختلف فلز روی ۵۸

نمودار ۳-۹- منحنی رشد مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* در حضور غلظتهای مختلف فلز روی ۵۹

نمودار ۳-۱۰- منحنی رشد مخمر *ساکارومایسز سرویزیه* در حضور غلظتهای مختلف فلز سرب ۵۹

عنوان **صفحه**

نمودار ۳-۱۱- منحنی رشد مخمر *کلویورومایسز مارکسیانوس* در حضور غلظتهای مختلف فلز سرب..... ۶۰
نمودار ۳-۱۲- منحنی رشد مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* در حضور غلظتهای مختلف فلز سرب ۶۰
نمودار ۳-۱۳- منحنی رشد مخمر *ساکارومایسز سرویزیه* در حضور غلظتهای مختلف فلز کادمیم..... ۶۱
نمودار ۳-۱۴- منحنی رشد مخمر *کلویورومایسز مارکسیانوس* در حضور غلظتهای مختلف فلزکادمیم ۶۱
نمودار ۳-۱۵- منحنی رشد مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* در حضور غلظتهای مختلف فلز کادمیم ۶۲
نمودار ۳-۱۶- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز مس توسط مخمر *ساکارومایسز سرویزیه* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۶۳
نمودار ۳-۱۷- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز مس توسط مخمر *کلویورومایسز مارکسیانوس* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۶۴
نمودار ۳-۱۸- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز مس توسط مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۶۵
نمودار ۳-۱۹- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز روی توسط مخمر *ساکارومایسز سرویزیه* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۶۶
نمودار ۳-۲۰- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز روی توسط مخمر *کلویورومایسز مارکسیانوس* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۶۷
نمودار ۳-۲۱- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز روی توسط مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۶۷
نمودار ۳-۲۲- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز کادمیم توسط مخمر *ساکارومایسز سرویزیه* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۶۸
نمودار ۳-۲۳- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز کادمیم توسط مخمر *کلویورومایسز مارکسیانوس* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۶۹

عنوان **صفحه**

نمودار ۳-۲۴- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز کادمیم توسط مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۶۹

نمودار ۳-۲۵- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز سرب توسط مخمر *ساکارومایسز سرویزیه* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۰

نمودار ۳-۲۶- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز سرب توسط مخمر *کلویورومایسز مارکسیانوس* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۱

نمودار ۳-۲۷- میزان جذب غلظتهای مختلف فلز سرب توسط مخمر *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۱

نمودار ۳-۲۸- میزان جذب غلظت ppm ۲۰ فلز مس توسط سه مخمر *ساکارومایسز سرویزیه*، *کلویورومایسز مارکسیانوس* و *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۲

نمودار ۳-۲۹- میزان جذب غلظت ppm ۲۰ فلز روی توسط سه مخمر *ساکارومایسز سرویزیه*، *کلویورومایسز مارکسیانوس* و *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۳

نمودار ۳-۳۰- میزان جذب غلظت ppm ۱۰ فلز کادمیم توسط سه مخمر *ساکارومایسز سرویزیه*، *کلویورومایسز مارکسیانوس* و *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۴

نمودار ۳-۳۱- میزان جذب غلظت ppm ۲۰ فلز سرب توسط سه مخمر *ساکارومایسز سرویزیه*، *کلویورومایسز مارکسیانوس* و *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۵

نمودار ۳-۳۲- میزان جذب غلظت ppm ۱۰ فلز مس از پساب توسط سه مخمر *ساکارومایسز سرویزیه*، *کلویورومایسز مارکسیانوس* و *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۷

نمودار ۳-۳۳- میزان جذب غلظت ppm ۱۰ فلز روی از پساب توسط سه مخمر *ساکارومایسز سرویزیه*، *کلویورومایسز مارکسیانوس* و *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۷

نمودار ۳-۳۴- میزان جذب غلظت ppm ۱۰ فلز کادمیم از پساب توسط سه مخمر *ساکارومایسز سرویزیه*، *کلویورومایسز مارکسیانوس* و *یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۸

عنوان **صفحه**

نمودار ۳-۳۵- میزان جذب غلظت ppm ۱۰ فلز سرب از پساب توسط سه مخمر *ساکارومایسز سرویزیه*، *کلویورومایسز مارکسیانوس و یاروویا لیپولیتیکا* در زمانهای ۱۰ و ۶۰ دقیقه ۷۸

عنوان **صفحه**

فهرست فرمول‌ها

فرمول ۲-۱ میزان جذب فلز بر حسب میلیگرم بر گرم وزن خشک..... ۵۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱- فلزات سنگین

۱-۱-۱- معرفی

یکی از بزرگترین مشکلات جوامع بشری در قرن بیست و یکم آلودگی‌های محیطی است. از مهمترین این آلوده کننده‌ها فلزات سنگین هستند که مقدار آنها در محیط با توجه به استخراج روزافزون آنها، در حال افزایش است. فلزات سنگین با ورود به محیط وارد چرخه‌ای می‌شوند که طی آن بین محیط و موجودات زنده مورد تبادل قرار می-گیرند و اثرات سمی بر موجودات زنده می‌گذارند، تجمع زیستی در هر مرحله‌ای از زنجیره غذایی می‌تواند اتفاق بیفتد، این مشکل به خصوص برای انسان به عنوان مصرف کننده نهایی از اهمیت خاصی برخوردار است. اگر تجمع زیستی در یکی از ارگان‌های بدن انسان اتفاق بیفتد، علایم زیان‌آور مختلفی مثل علایم گوارشی، عصبی و ایمونولوژیکی بروز پیدا می‌کنند. از آنجا که این فلزات تجزیه پذیر نیستند تنها راه پاکسازی آنها خارج کردن آنها از محیط و بازیابی و استفاده مجدد از آنها در صورت امکان است(Chojnacka, 2010). فلزات سنگین اصلی شامل کادمیم (Cd)، منگنز (Mn)، آهن (Fe)، کبالت (Co)، نیکل (Ni)، کرم (Cr)، مس (Cu)، روی (Zn)، مولیبدن (Mo)، سرب (Pb)، فلزات گرانبهای طلا (Au)، نقره (Ag) و شبه فلزات ارسنیک (As)، سلنیوم (Se) و آنتی موآن (Sb) هستند. در طبیعت این فلزات اغلب در محلول‌های آبی به اشکال کاتیونی یا آنیون‌های اکسید شده وجود دارند

و یا به صورت نمکها یا اکسیدها به شکل کریستالی یا بی شکل در رسوبات نامحلول دیده می شوند (Ehrlich, 1997).

۱-۱-۲- مضرات فلزات سنگین در بدن و محیط

فلزات سنگین شرح داده شده در زمینه جذب زیستی معمولا در سه دسته تقسیم بندی می‌شوند : فلزات سمی مثل Hg, Cr, Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, As, Co, Sn فلزات گرانبها Pd, Pt, Ag, Au, Ru و فلزات رادیواکتیو مثل U, Th, Ra, Am. وزن مخصوص این فلزات معمولا بیشتر از ۵ gr/cm^3 است (Wang and Chen, 2006).

بیش از ۲۰ فلز سنگین وجود دارد که از این میان چهار فلز شامل سرب، کادمیم، جیوه و آرسنیک در فرم غیرآلی عامل عمده تهدید سلامتی انسان هستند. براساس اعلام موسسه مواد سمی و ثبت بیماری آمریکا[1]، این چهار فلز جزء شش ماده اول سمی در محل‌های آلودگی زیست محیطی هستند. فلزات مذکور حتی در غلظت‌های پایین بسیار سمی هستند، در زنجیره وارد می‌شوند و در بدن در بافت‌های نرم مثل کلیه و سخت مثل استخوان جمع می‌شوند. با توجه به اینکه فلز هستند معمولا دارای بار مثبت هستند و به مواد آلی دارای بار منفی به راحتی متصل می‌شوند و تشکیل کمپلکس می‌دهند.

بدن نیاز به حدود هفتاد عنصر فلزی مفید دارد اما دوازده عنصر فلزی سمی وجود دارند که در اعمال طبیعی بدن و فعالیت آنزیم‌ها اخلال ایجاد می‌کنند. وجود بیش از حد نیاز فلزات مفید هم نقشی مشابه فلزات سمی ایفا می‌کند. برخی فلزات به طور طبیعی در بدن یافت می‌شوند و برای بدن ضروری هستند، برای مثال آهن که در هموگلوبین حضور دارد، روی که در بیش از صد آنزیم نقش کوفاکتور را ایفا میکند یا مس و منیزیم که وجودشان در واکنش-های متابولیسمی لازم است. این فلزات به طور معمول با غلظت پایین در بدن وجود دارند و به آنها عناصر کمیاب[2] گفته می‌شود، اما مقادیر بیش از حد نیاز آنها در بدن مشکلاتی ایجاد می‌کند مثلا میزان زیاد روی باعث عدم جذب مس می‌شود.

1- U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry
2 -Trace elements

فلزات سنگین عناصری هستند که حداقل ۵ بار چگال‌تر از آب هستند بنابراین عناصری پایدار هستند که در زنجیره غذایی متابولیزه نمی‌شوند و قابلیت تجمع در بدن موجودات را دارند در نتیجه در زنجیره غذایی بالا می‌آیند تا به بدن انسان برسند. فلزات سنگین سمی عملکرد زیستی در بدن ندارند و می‌توانند بسیار سمی باشند. این فلزات می‌توانند از طریق تنفس، تغذیه و جذب پوستی وارد بدن شوند، اگر سرعت ورود آنها به بدن سریع‌تر از سرعت پاکسازی آنها باشد به مرور در بدن انباشته می‌شوند. بنابراین قرار گرفتن در معرض غلظت‌های پایین این فلزات نیز می‌تواند به مرور زمان منجر به مسمومیت بدن شود.

افزایش فلزات سنگین در دیواره عروق کرنر موجب کاهش نیتریک اکسید در آن‌ها می‌شود، ترکیبی که به آن فاکتور آرامش اندوتلیالی[3] می‌گویند، که این کاهش می‌تواند موجب گرفتگی این عروق شود. تجمع این فلزات در غدد آدرنال موجب کاهش ترشح هورمون‌ها و در نتیجه باعث اضطراب، پیری زودرس و کاهش میل جنسی می‌شود. افزایش آنها در بدن همچنین می‌تواند موجب بی‌اثر شدن داروها در افراد دیابتی، بیماری‌های عصبی مثل افسردگی، بیماری‌هایی چون پوکی استخوان و کم‌کاری تیروئید شود.

به طور کلی فلزات سنگین سمومی سیستمیک هستند با اثرات نوروتوکسیک، نفروتوکسیک، فتوتوکسیک[4] و تراتوژنیک[5]. این فلزات می‌توانند با ایجاد اختلال در عملکرد عصبی از طریق تاثیر بر تولید و آزاد سازی انتقال دهنده-های عصبی روی رفتار تاثیر گذار باشند. دیگر دستگاه‌هایی که تحت تاثیر فلزات سنگین قرار می گیرند شامل خون و رگ‌ها، دستگاه‌های دفعی مثل روده، کبد و کلیه، غدد درون‌ریز، مسیرهای تولید انرژی و دستگاه تناسلی می‌باشند.

۱-۱-۲-۱- کادمیم

کادمیم فلزی طبیعی در پوسته زمین است. معمولا در فرم معدنی درترکیب با اکسیژن، کلر و یا سولفور دیده می‌شود. فاقد بو یا مزه خاص است. در انواع مختلف خاک و سنگ و ذغال معمولا مقداری کادمیم دیده می‌شود. کادمیم مورد استفاده در صنعت معمولا طی استخراج سایر فلزات مثل روی، سرب و مس به دست می‌آید و فلزی است که به راحتی خورده نمی‌شود بنابراین استفاده‌های زیادی دارد. در صنعت و تولیدات در باتری‌ها (باتری‌های نیکل-کادمیم

3- Endothelial Relaxing Factor
4 -Fetotoxic
5 -Teratogenic

در گوشی‌های تلفن همراه)، در رنگ‌ها، پوشش‌های فلزی و پلاستیک به کار می‌رود. کادمیم ازطریق استخراج، فعالیت‌های صنعتی و سوختن ذغال وارد هوا می‌شود، ذرات کادمیم قبل از نشستن روی زمین یا آب قادرند مسافت-های زیادی را در هوا طی کنند. همچنین در محل‌های دفع زباله نیز کادمیم وجود دارد که وارد آب و خاک می‌شود. ذرات کادمیم از طریق ورود به محیط وارد جسم گیاهان، ماهیان و جانوران میشوند و از آنجا که ماندگاری آن در بدن زیاد است در دراز مدت حتی با قرار گرفتن در معرض مقادیر پایین هم در بدن به حد سمی می‌رسد.

آژانس حفاظت از محیط زیست[6] حد مجاز کادمیم در آب شرب را ppb ۵ اعلام کرده است. این آژانس همچنین مقدار کادمیم ورودی به دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، محل‌های دفع زباله و زمین‌های کشاورزی را محدود و استفاده از آن در علف‌کش‌ها را ممنوع کرده است. سازمان غذا و داروی آمریکا[7] مقدار آن در رنگدانه‌های خوراکی را ppb ۱۵ اعلام کرده است.

اثرات حاد کادمیم با تنفس غبار یا ذرات معلق آن اتفاق می‌افتد و شامل خشکی گلو، سرفه، سردرد، استفراغ، بی-قراری، التهاب ریه و حتی مرگ در اثر آسیب شدید ریوی است. خوردن و آشامیدن غذا و آب دارای مقادیر زیاد کادمیم ترشح بزاق را افزایش داده و با تحریک معده منجر به استفراغ و اسهال می‌شود. تا کنون گزارشی مبنی بر مضرات تماس پوستی با کادمیم گزارش نشده است. قرار گرفتن در معرض مقادیر کم کادمیم برای مدت طولانی منجر به انباشت آن در کلیه‌ها و در نتیجه بیماری‌های کلیوی می‌شود. دیگر اثرات طولانی مدت کادمیم شامل آسیب ریوی، پوکی استخوان و دردهای شکمی است. حیواناتی که در معرض کادمیم قرار گرفته‌اند علایمی همچون فشار خون بالا، بیماری کبدی و آسیب مغزی عصبی نشان داده‌اند، اینکه آیا انسان نیز ممکن است دچار این عوارض شود هنوز به اثبات نرسیده است. سازمان بهداشت و خدمات انسانی آمریکا[8] اعلام کرده که احتمال سرطان‌زا بودن کادمیم بالاست، این استدلال از مطالعات زیاد انجام شده روی حیوانات و اندک مطالعات انجام شده روی انسان و مشاهداتی مبنی بر سرطان ریه در افرادی که کادمیم تنفس کرده بودند منشا می‌گیرد (Ragan and Mast, 1990).

6- Environmental Protection Agency
7 -Food and Drug Administration
8 -The Department of Health and Human Services

۱-۱-۲-۲- سرب

سرب فلزی به رنگ آبی-خاکستری است و به طور طبیعی در پوسته زمین یافت می‌شود. بو و طعم خاصی ندارد و در نقاط مختلف محیط زیست یافت می‌شود که بیشتر آن به دلیل فعالیت‌های انسانی مثل استخراج، تولید و سوختن سوخت‌های فسیلی منتشر شده است. سرب به عنوان ماده اولیه در تجهیزات تولید اسید سولفوریک، پالایش نفت، هالوژنه کردن، سولفوردار کردن، استخراج و غلیظ سازی استفاده می‌شود. همچنین در باتری‌ها، آلیاژها، سرامیک و پلاستیک، رنگدانه‌ها، مهمات جنگی و تجهیزات محافظت در برابر تشعشعات هسته‌ای و اشعه X، صنایع هواپیما سازی و ساختمان‌سازی کاربرد دارد. ترکیبات سرب در اثر سوختن سوخت‌های فسیلی و مواد دفعی در صنعت وارد هوا می-شوند و به صورت ذرات معلق حدود ده روز در هوا باقی می‌مانند، بیشتر سرب موجود در خاک از طریق هوا و بقیه آن از طریق زباله‌های دارای سرب وارد خاک می‌شود. سرب به ذرات خاک می‌چسبد و به آنها متصل باقی می‌ماند و تنها در صورتی وارد آبهای زیرزمینی می‌شود که در معرض آبهای اسیدی قرار گرفته و از روی ذرات خاک شسته شود. سرب هم در آب و هم در خاک ماندگاری طولانی دارد.

سازمان حفاظت از محیط زیست مقدار مجاز آن در هوا را به ۱.۵ $\mu g/m^3$ (به طور میانگین در بازه زمانی سه ماهه) و مقدار مجاز آن در آب را به ۱۵ $\mu g/L$ محدود کرده است. مسمومیت سرب یکی از شایع‌ترین مسمومیت‌های شغلی در مشاغلی است که با آن سروکار دارند. جذب سرب از طریق پوست چشمگیر نیست اما از طریق روده‌ای امکان جذب دارد و راحت‌ترین راه جذب آن از طریق ریوی و با تنفس بخارات و ذرات معلق آن در هوا است. سرب روی گلبول‌های قرمز و تولید آنها اثر گذار است و می‌تواند موجب کم‌خونی شود. کبد، کلیه، قلب، ریه و سیستم ایمنی نیز ممکن است تحت تاثیر سرب قرار گیرند. در سیستم اعصاب مرکزی سرب باعث ایجاد آماس می‌شود که معمولا برگشت ناپذیر است. سرب در کودکان حتی در مقادیر نسبتا کم هم می‌تواند موجب کاهش ضریب هوش، مشکلات یادگیری و رفتاری شود. حادترین و شدیدترین علائم بیماری‌های مغزی در کودکانی گزارش شده که رنگ‌های دارای سرب به سیستم گوارشی آنها راه پیدا کرده بود. همچنین سرب می‌تواند باعث ناباروری شود و در عین حال برای جنین سمی است زیرا توانایی عبور از جفت را دارد و موارد تغییر شکل اسکلت، کاهش وزن نوزاد در موش گزارش شده است. در زنان شاغلی که در تماس با سرب بوده‌اند نیز مواردی همچون تولدهای زودرس، کاهش وزن