

تصفیه زیستی فلزات سنگین از مواد غذایی

Bioremediation of heavy metals from foods

استاد: دکتر پرنیان پزشکی

ارائه دهندگان:

میترا نقدبیشی، مهدیه پاکروان، سعیده هراتی

تاریخ: ۲۸ خرداد ۱۴۰۴



به نام خدا

تصفیه زیستی فلزات سنگین از مواد غذایی

استاد راهنما : سرکار خانم دکتر پزشکی

ارائه دهندگان: میترانقدبیشی - سعیده هراتی - مهدیه پاکروان

تاریخ ارائه: ۱۴۰۴/۳/۲۸

Bio-remediation of heavy metals from foods

Supervisor: Dr.Pezeshki

Presented by: Mitra Naghdbishi, Mahdijeh Pakravan, Saeedeh Harati

Presentation Date: 2025/06/18

مقدمه

- وجود فلزات سنگین و مایکوتوکسین‌ها (سموم قارچی) در مواد غذایی یکی از نگرانی‌های بزرگ جهانی است. یکی از روش‌های پاکسازی مواد غذایی از این آلاینده‌ها، استفاده از زیست‌تصفیه (Bioremoval) با کمک میکروب‌ها است که روشی ارزان، ساده، کارآمد و سازگار با محیط زیست محسوب می‌شود.
- باکتری‌ها و مخمرهای پروبیوتیک می‌توانند فلزات سنگین (مثل سرب و کادمیوم) و مایکوتوکسین‌ها (مثل آفلاتوکسین‌ها و زیرالنون) را از مواد غذایی حذف کنند.
- تحقیقات نشان داده‌اند که پروبیوتیک‌ها قادرند ایمنی محصولات غذایی را از راه‌های مختلف افزایش دهند، از جمله: غیرفعال‌سازی پاتوژن‌ها، سم‌زدایی ترکیبات شیمیایی، و ترشح موادی که به حذف مواد سمی کمک می‌کنند. پروبیوتیک‌ها گروهی از میکروارگانیسم‌ها هستند که در صورت مصرف در مقادیر مناسب، فواید سلامت‌بخش برای میزبان دارند؛ مانند پیشگیری و درمان بیماری‌های تنفسی، گوارشی، ادراری و غیره، از طریق فعالیت‌های تنظیم ایمنی.



پروبیوتیک ها (Probiotics)



پروبیوتیک میکروارگانیسم های زنده ای هستند که در صورت مصرف کافی، اثرات سلامت بخش برای میزبان دارند.

منشأ پروبیوتیک ها به مواد غذایی تخمیری سنتی مانند ماست، کفیر، کلم ترش و کیمچی برمی گردد که در فرهنگ های مختلف مصرف می شده اند. همچنین، پروبیوتیک هایی که برای انسان ها استفاده می شوند، می توانند از فلور میکروبی روده انسان منشأ بگیرند.

شایع ترین گونه ها :

Lactobacillus (L.rhamnosus, L.acidophilus)

Bifidobacterium

Saccharomyces boulardii



فوائد پروبیوتیک ها

۱. افزایش ارزش تغذیه‌ای محصولات غذایی

پروبیوتیک‌ها باعث بهبود گوارش، سنتز ویتامین‌ها، افزایش جذب مواد مغذی، کاهش ترکیبات مضر و ارتقاء ایمنی بدن باعث می‌شوند محصولات غذایی نه تنها مواد مغذی بیشتری داشته باشند بلکه قابل جذب تر و مفید تر برای بدن نیز باشند.



۲. استفاده در تولید محصولات عملکردی (Functional Foods)

• صنایع غذایی از پروبیوتیک‌ها برای تولید محصولات عملکردی مثل ماست پروبیوتیک، نوشیدنی‌های تخمیری، پنیرهای خاص، و مکمل‌ها استفاده می‌کنند. این محصولات بازار بزرگی در صنعت غذا و سلامت دارند و با استقبال مصرف‌کننده‌ها مواجه شدند.



۳. بهبود ایمنی مواد غذایی و رقابت زیستی با میکروارگانیسم‌های مضر

- پروبیوتیک‌ها می‌توانند با تولید اسید لاکتیک و سایر ترکیبات ضدباکتری، جلوی رشد پاتوژن‌ها مثل (*Salmonella, E.coli*) رو در مواد غذایی بگیرند.
- این ویژگی به افزایش ایمنی میکروبی مواد غذایی کمک می‌کند.



۴. افزایش ماندگاری و کاهش فساد مواد غذایی

- از طریق کاهش pH و تولید مواد ضد میکروبی، عمر مفید محصولات غذایی رو افزایش می‌دهند.
- در برخی فرمول‌ها جایگزین نگهدارنده‌های شیمیایی می‌شوند.

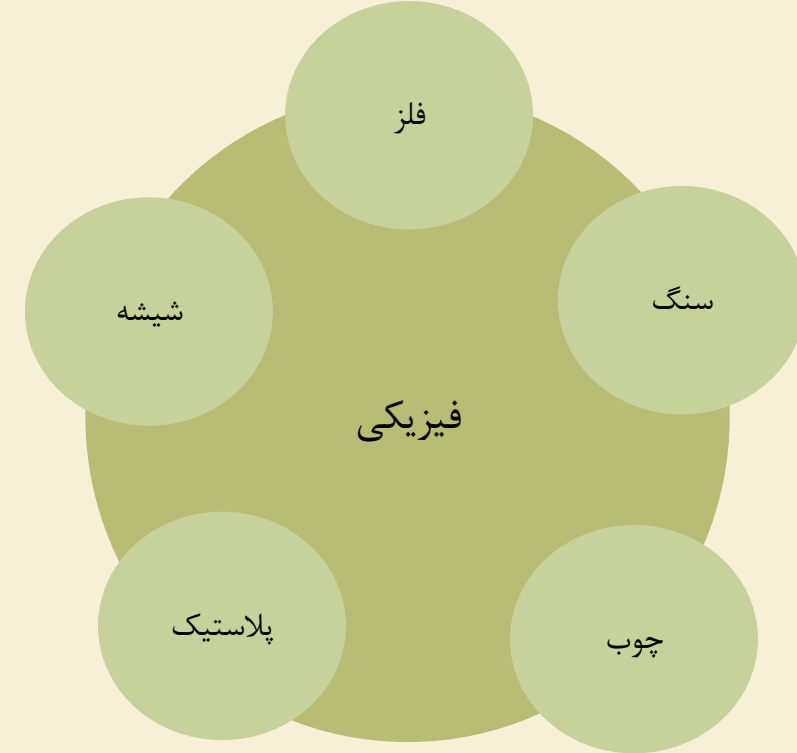
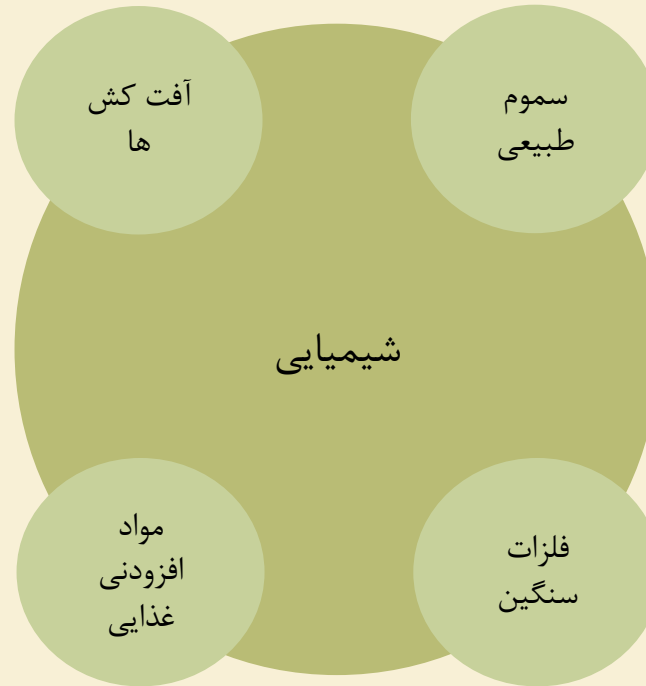
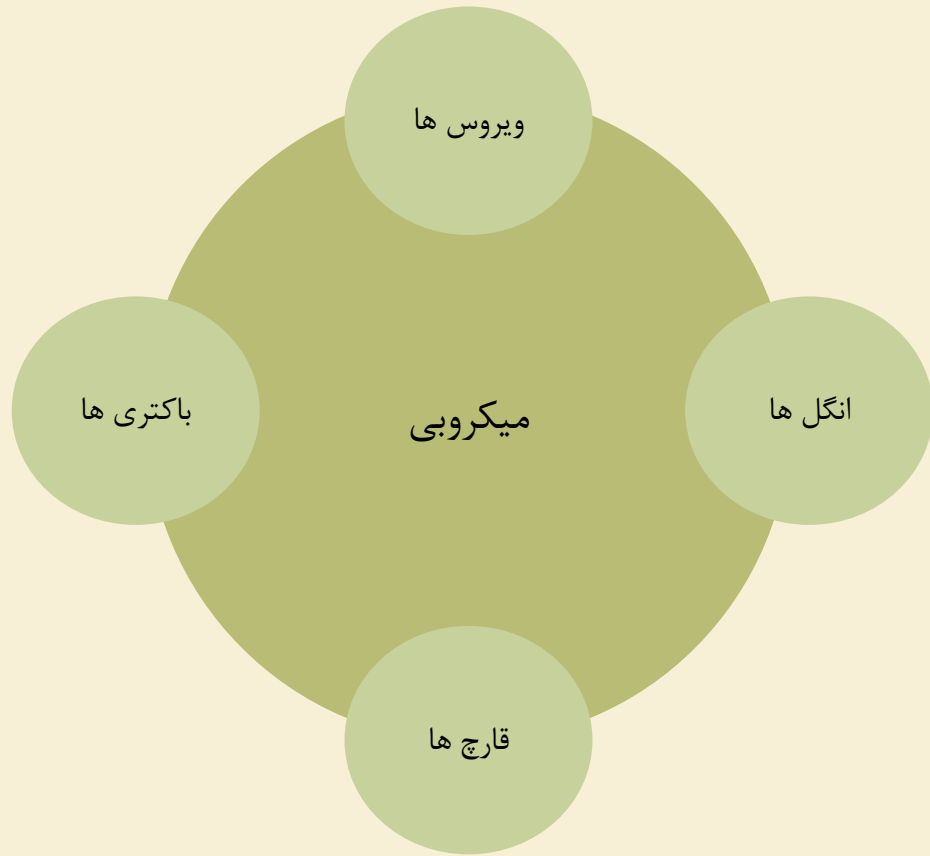


۵. سم زدایی آلاینده های غذایی:

پروبیوتیک ها می توانند برای سم زدایی آلاینده های غذایی از جمله فلزات سنگین استفاده شوند. به عنوان مثال: باکتری های اسید لاکتیک (LAB) از طریق مکانیسم های مختلفی فلزات سنگین را جذب و خنثی می کنند و برخی آنزیم ها نیز در تجزیه آفت کش ها نقش دارند.



انواع مخاطرات مواد غذایی



خطرات ناشی از وجود فلزات سنگین و نقش حفاظتی پروبیوتیک ها در برابر آن

فلزات سنگین مانند جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک می توانند از طریق منابع مختلفی مانند آلودگی های صنعتی، پساب های کشاورزی و حتی مواد غذایی وارد بدن انسان شوند. این فلزات به دلیل سمیت بالا، می توانند آسیب های جدی به اندام های مختلف از جمله کلیه، کبد، مغز و سیستم عصبی وارد کنند. همچنین، قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین می تواند خطر ابتلا به انواع سرطان ها و بیماری های قلبی-عروقی را افزایش دهد.

پروبیوتیک ها، میکروارگانیسم های زنده ای هستند که در صورت مصرف به مقدار کافی، اثرات مفیدی بر سلامتی میزبان دارند. تحقیقات نشان داده اند که پروبیوتیک ها می توانند در برابر سمیت ناشی از فلزات سنگین نقش حفاظتی ایفا کنند. مکانیسم های احتمالی این نقش حفاظتی عبارتند از:

۱. کاهش جذب فلزات سنگین
۲. افزایش دفع فلزات سنگین
۳. تعدیل پاسخ ایمنی
۴. کاهش استرس اکسیداتیو

روش‌های فیزیکی

استفاده از رسوب دهی (precipitation):

استفاده از تبدیل فلزات سنگین به ترکیبات نامحلول که رسوب می‌کند و قابل جداسازی هستند.

بیوره

اکسید

رسوب فیلتراسیون (filtration):

افزودن عبور محلول از فیلترهایی که ذرات فلزی را جدا می‌کند.

اکسید

تغییر تبخیر و تبرید:

جداسازی فلزات بر اساس نقطه جوش یا انجماد

انواع روش‌های حذف فلزات سنگین

روش های زیستی

استفاده از میکروارگانیسم ها (باکتری ها ، قارچ ها ، جلبک ها) برای جذب تبدیل یا حذف فلزات سنگین می تواند شامل فرایندهای زیستی مثل بیورسوربسیون (جذب سطحی) و بیوکاهش (کاهش اکسیداسیون) باشد.

روش های شیمیایی

تبادل یونی: (Ion Exchange)

استفاده از رزین هایی که یون های فلزی را جذب و جایگزین ون های دیگر می کنند .

رسوب گیری شیمیایی: (Chemical Precipitation)

افزودن مواد شیمیایی برای ایجاد ترکیبات غیر محلول

اکسیداسیون - احیا :

تغییر حالت اکسیداسیونی فلز برای جداسازی بهتر

روش های فیزیکی

رسوب دهی: (precipitation)

تبدیل فلزات سنگین به ترکیبات نامحلول که رسوب می کند و قابل جداسازی هستند.

فیلتراسیون : (filtration)

عبور محلول از فیلترهایی که ذرات فلزی را جدا می کند .

تبخیر و تبرید:

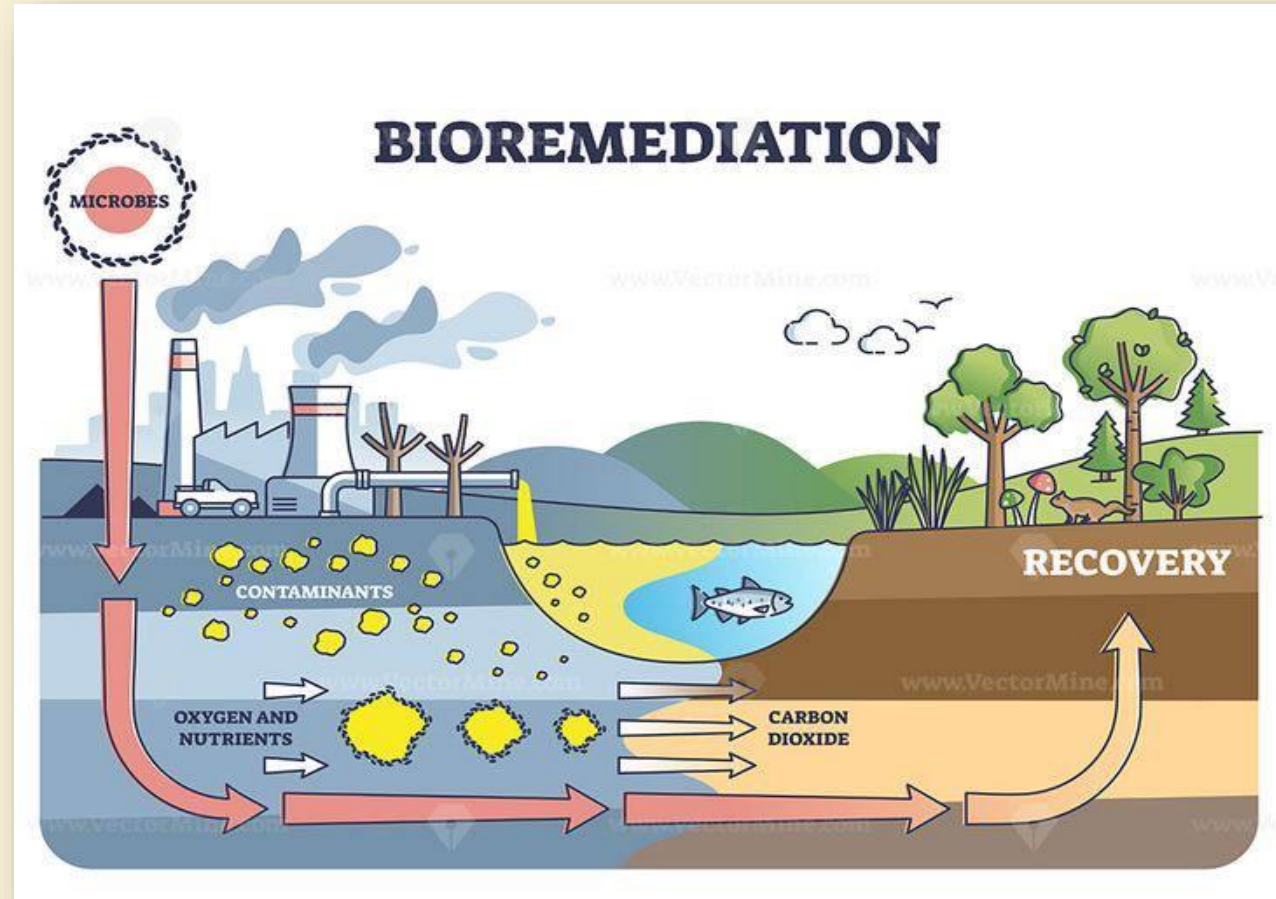
جداسازی فلزات بر اساس نقطه جوش یا انجماد

مقایسه انواع روش های حذف فلزات سنگین

مزایا	معایب	
۱. سریع و نسبتا ساده ۲. نیاز به تجهیزات معمولی	۱. تولید رسوبات و پسماند های جامد که نیاز به دفع دارند. ۲. محدودیت در حذف فلزات در غلظت های خیلی پایین	روش های فیزیکی
۱. توانایی حذف فلزات در غلظت های پایین ۲. عملکرد قابل تنظیم و کنترل شده	۱. هزینه نسبتا بالا ۲. تولید پسماند های شیمیایی و نیاز به مدیریت آنها ۳. امکان تاثیر منفی بر کیفیت محیط زیست	روش های شیمیایی
۱. روشی سازگار بامحیط زیست ۲. کم هزینه ۳. کاهش میزان پسماند های مضر ۴. قابلیت بازیافت و استفاده مجدد از زیست جاذب ها	۱. سرعت عملکرد پایین تر نسبت به روش های شیمیایی ۲. نیاز به شرایط زیستی مناسب (دما، pH، مواد مغذی) ۳. حساسیت به مواد سمی یا تغییرات محیطی	روش های زیستی

Bioremediation

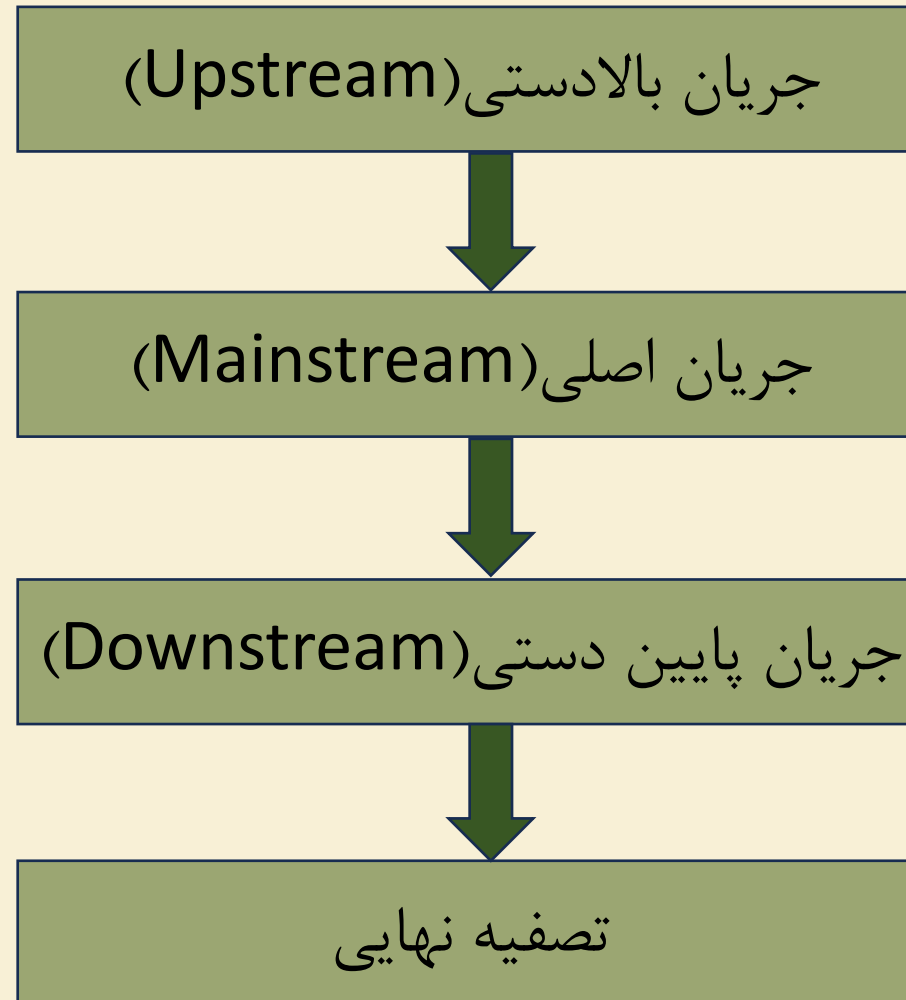
تصفیه زیستی یعنی پاک سازی محیط زیست به کمک موجودات زنده، فرایندی است که از میکروارگانیسم ها برای کاهش یا حذف آلاینده ها استفاده می کند و مزایای محیط زیستی و اقتصادی زیادی دارد.



انواع سیستم های تصفیه زیستی

سیستم / ویژگی	بیوراکتور (Bioreactor)	بیوفیلتر (Biofilter)	بیومس (Biomass)
تعریف	دستگاهی برای رشد و کنترل میکروارگانیسم ها در شرایط بهینه جهت تصفیه	فیلتر زیستی حاوی بیومس ثابت برای حذف آلاینده های گازی و آبی	توده ای از میکروارگانیسم ها (زنده یا مرده) که آلاینده ها را تجزیه می کنند
نقش در تصفیه	محیط واکنش فعال برای تجزیه آلاینده ها	بستری برای عبور جریان آلوده و تماس با بیومس ثابت	عامل اصلی انجام دهنده واکنش های زیستی
حالت میکروارگانیسم	معمولا معلق یا ثابت شده (Immobilized)	ثابت شده بر بستر فیلتر	معلق / ثابت / طبیعی
نوع آلاینده ها	فاضلاب صنعتی ، نفت،فلزات ترکیبات آلی	گازهای آلاینده (NH ₃ /H ₂ S)	انواع آلاینده ها (آلی، معدنی، فلزی)
قابلیت کنترل شرایط	بسیار بالا	متوسط	وابسته به شرایط محیطی
کاربرد اصلی	تصفیه فاضلاب و پسماند مایع	تصفیه هوا و گازهای خروجی	مورد استفاده در همه ی سیستم های تصفیه زیستی
مزایا	دقت بالا،راندمان بالا،قابلیت کنترل شرایط محیطی	ساده ، ارزان ، بدون نیاز به انرژی زیاد	ارزان ، تجدیدپذیر، قابل استفاده مجدد

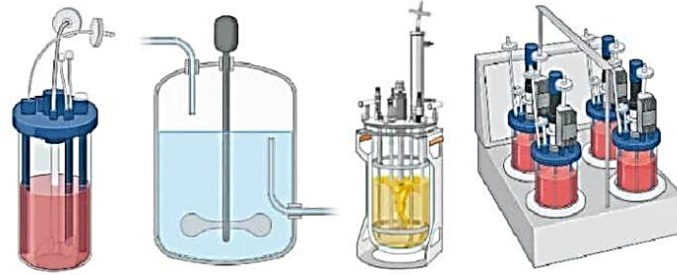
مراحل فرایند بیوراکتور باکتریایی برای جذب سرب و کادمیم



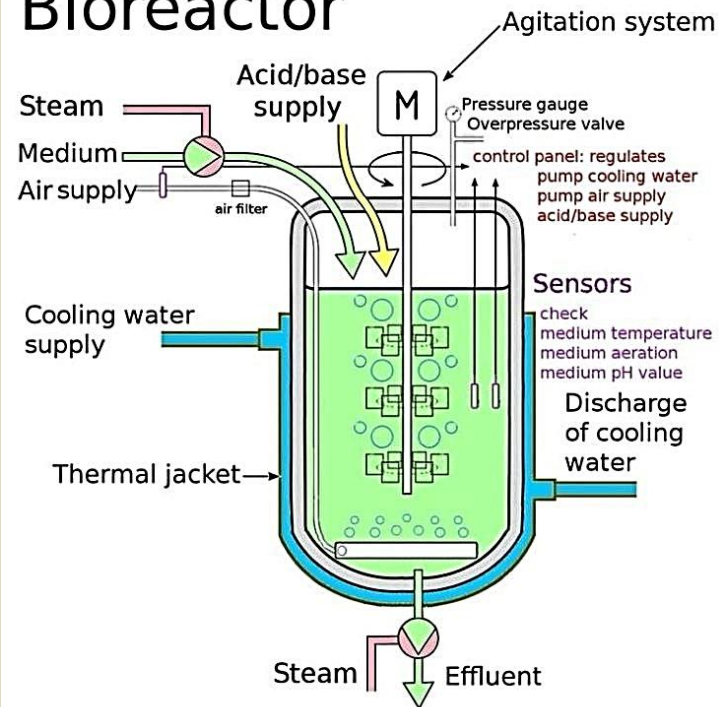
شکل شماتیک بیوراکتور باکتریایی

Bioreactor

Definition, Design, Principle, Parts, Types, Applications, Limitations



Bioreactor



جریان بالادستی (Upstream)

انتخاب و کشت باکتری:

باکتری *Lactobacillus rhamnosus*

شرایط رشد:

محیط کشت MRS (Man Rogosa Sharpe)

دمای ۳۷ درجه سانتی گراد

به صورت بی هوازی

محیط کشت MRS:

محیط کشتی که برای کشت و شمارش باکتری‌های اسیدلاکتیک، به ویژه جنس لاکتوباسیلوس، استفاده می‌شود.

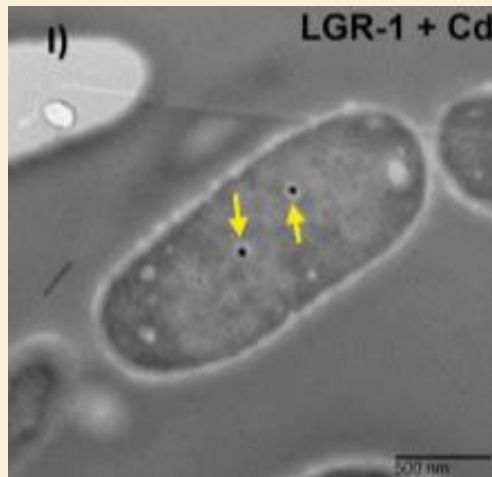


فرایند اصلی (Mainstream)

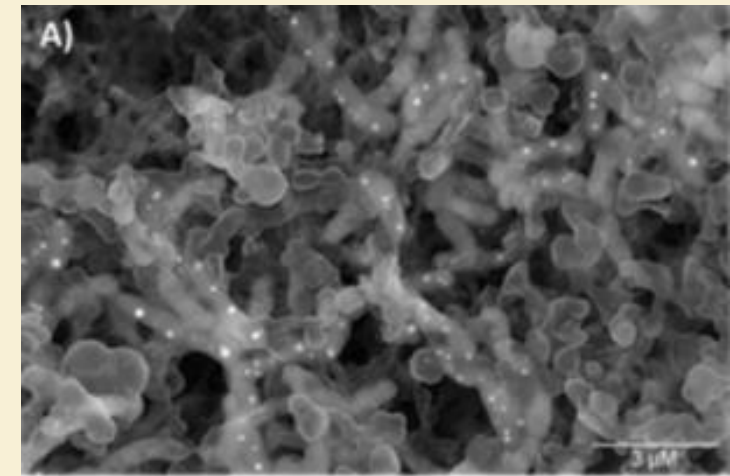
جذب و تبدیل فلزات

مکانیسم جذب: *L.rhamnosus GR-1* قادر به جذب و مهار فلزات سنگین از محلول است. سرب با جذب سطحی و کادمیم با جذب درون سلولی

مورفولوژی میکروبی



تصویر میکروسکوپ الکترونی TEM
جذب کادمیم به صورت درون سلولی

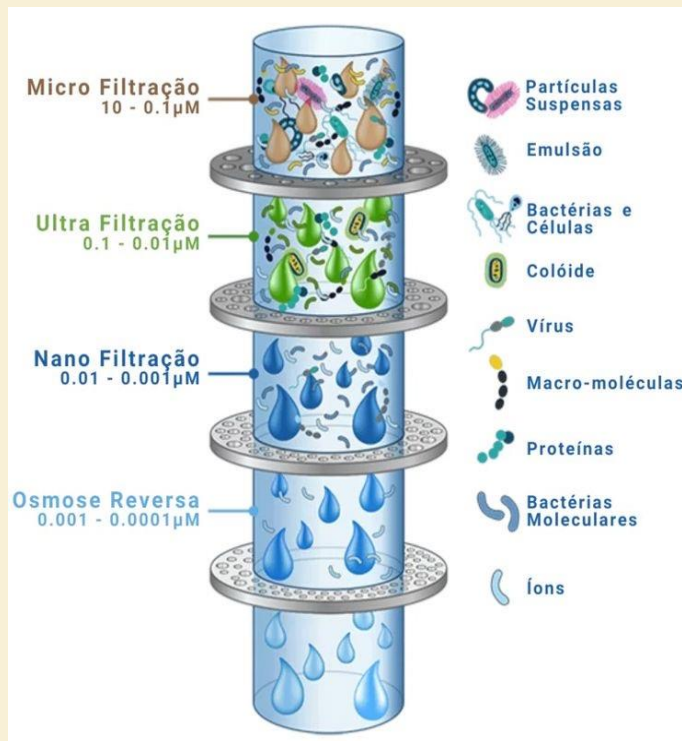


تصویر میکروسکوپ الکترونی SEM
جذب سرب به صورت خوشه ای

جریان پایین دستی (Downstream)

جداسازی باکتری:

با استفاده از سانتریفیوژ و تکنیک های فیلتراسیون با فیلترهای ۰/۴۵ میکرون استفاده از روش های فیزیکی یا شیمیایی برای جدا کردن باکتری های بارگذاری شده با فلزات از محلول



فیلتراسیون



سانتریفیوژ ساخت آلمان

جذب و سم زدایی فلزات سنگین

باکتری‌های گرم-مثبت مانند *Lactobacillus* به دلیل دارا بودن مقدار بالای پپتیدوگلیکان و اسید تیکوئیک در دیواره سلولی، قدرت جذب بالاتری نسبت به باکتری‌های گرم-منفی دارند. پروبیوتیک‌ها نه تنها فلزات را جذب می‌کنند بلکه می‌توانند شکل‌های سمی آن‌ها را به فرم‌های کم‌سم‌تر تبدیل کنند. مثلاً:

تبدیل جیوه متیله به جیوه عنصری (با جذب کمتر)
تبدیل کروم شش ظرفیتی (Cr VI) به کروم سه ظرفیتی (Cr III)
مطالعات نشان داده‌اند که حتی سلول‌های کشته‌شده پروبیوتیک‌ها (مثلاً با حرارت) هم می‌توانند فلزات را با کارایی بالایی جذب کنند.

سه مکانیسم اصلی اتصال فلزات به دیواره سلولی باکتری‌ها:

واکنش تبادل یونی با پلی ساکاریدها و اسیدهای تیکوئیک
رسوب گذاری هسته ای فلزات روی دیواره باکتری
تشکیل کمپلکس فلزی با اکسیژن یا نیتروژن موجود در ساختار سلولی

نتیجه

نتایج این پژوهش نشان میدهد که سویه های لاکتوباسیلوس توانایی قابل توجهی در جذب و غیرفعالسازی فلزات سنگین، سرب و کادمیم از محیط دارند.

بررسی های میکروسکوپی نشان داد که این فرایند شامل اتصال سطحی فلزات به دیواره سلولی و همچنین تجمع درون سلولی برخی فلزات به شکل ذرات کلویدی. این مکانیسم می تواند نقش موثری در کاهش زیست دسترسی فلزات سمی ایفا کند.

از منظر کاربردی این یافته ها نشان می دهند که استفاده خوراکی از سویه های پروبیوتیک می تواند به عنوان یک راهکار ساده، ایمن و مقرون به صرفه برای کاهش جذب فلزات سنگین از رژیم غذایی در مناطق آلوده در نظر گرفته شود.



پایان

با تشکر از توجه شما