# کارگاه‌های آموزشی مرکز اطلاعات علمی

## آموزش نرم‌افزار Word برای پژوهشگران

## روش تحقیق کمی

## آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

Archive of SID

مجموعه مقالات اولین همایش ملّی مدیریت منابع طبیعی
۸ اسفند، ۱۳۹۲، دانشگاه گنبد کاووس

# بررسی جذب بیولوژیک فلزات سنگین از محلول های آبی با استفاده از جلبک های قهوه ای

**پرستوصادقی*[۱]، حسن رضائی[۲]**
[۱]دانشجو کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان
[۲]هیئت‌علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## چکیده

امروزه از انواع جلبک های دریایی به عنوان جاذب های بیولوژیک برای حذف فلزات سنگین از پساب های صنعتی استفاده می شود. فلزات سنگین یکی ازخطرناکترین آلاینده های پایدار زیست محیطی هستنند. درسال های اخیر سه روش بیولوژیک و فیزیکی و شیمیای برای حذف فلزات سنگین مورد آزمایش قرار گرفته است که تاکنون اقتصادی ترین و بهترین روش با بازدهی بالا، روش استفاده از جاذب های بیولوژیک بوده است. در بین انواع جاذب های بیولوژیک، جلبک ها به عنوان یکی از بهترین حذف کنندگان فلزات سنگینی چون سرب و کادمیوم و روی و... شناخته شده اند. ابتدا ساختارسلولی و بیوشیمیای جلبک های قهوه ای را بررسی کرده، سپس این جلبک را با سایرجلبک های مورد استفاده به عنوان جاذب های بیولوژیک مورد مقایسه قرار دادیم. بررسی ها ونتایج به ما نشان دادکه جلبک های قهوه ای در بین سایر جلبک ها به دلیل ساختار دیواره سلولی متفاوت و ویژه شان می توانند یکی از بهترین جاذب های بیولوژیک در حذف فلزات سنگین مطرح شوند.

**واژه‌های کلیدی:** جذب بیولوژیک، فلزات سنگین، جلبک های قهوه ای، پسابهای صنعتی

## مقدمه

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های پایدار زیست محیطی هستند که مواجهه انسان با بعضی از آنان از طریق آب ومواد غذایی و حتی جو می‌تواند مسمویت‌های مزمن و بعضاً حاد وخطرناکی را ایجاد نمایند. از دهه های گذشته ورود آلاینده ها با منشاء انسانی چون فلزات سنگین به داخل محیط های دریایی، به مقدار زیادی افزایش یافته است که به عنوان یک خطر جدی برای حیات محیط های آبی به شمار می آیند.

جذب اندک فلزاتی مانند جیوه، سرب، کادمیم، کبالت و...در بدن جانداران باعث بروز عوارض سوء بی شماری می گردد. افزایش آلودگی محیط زیست توسط فلزات سنگین بدلیل خصوصیات سرطانزایی، تجزیه ناپذیری و تجمع بیولوژیکی آنها، سبب نگرانیهای بسیار جدی شده است.

تصفیه بیولوژیکی یکی از روش های استاندارد و قابل قبول درسطح جهان است که در جهت استفاده مجدد و بازیافت پساب های صنعتی از آن استفاده می شود و این روش نسبت به روش های شیمیای مثل رسوب دادن شیمیایی، تعویض یونی، تقطیر، استخراج با حلال، جذب سطحی آهک زنی، کاربرد صافیهای شنی و کربنی و... که جهت تصفیه آب به کار برده می شوند، بسیار ارزانترو اقتصادی تر است ( اکبر اسماعیلی وهمکاران،۱۳۸۷).

*hassanrezaei@gau.ac.ir



www.SID.ir

Archive of SID



برخی از این روش های شیمیای ایجاد لجن شیمیایی می کنند که باز خود این لجن ها معضلاتی چون مشکلات دفن را به همراه دارند. جداسازی بیولوژیکی فلزات دارای مزایایی چون هزینه های عملیاتی پایین، بازدهی بالا، ظرفیت بالای پذیرش فلز، انتخاب پذیری بر حسب نوع فلز و عدم تولید لجنهای شیمیایی را به همراه دارد.رضا فولادی فر و همکاران(۱۳۸۳)

جذب فلز می تواند بااستفاده از بیوماس مرده یا زنده صورت بگیرد. عمل تصفیه بیولوژیکی فاضلاب ها توسط باکتریها، قارچها، تک سلولی ها، جلبک ها و پروتوزوآها انجام می گیرد تا غلظت این فلزات خطرناک را در پساب های صنعتی به سطح قابل قبول تری رسانده شود (محمد حسن خانی وهمکاران، ۱۳۸۳)

اما اخیراً جلبکها به ویژه جلبکهای قهوه ای به علت توانایی در تصفیه فاضلا بها بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند. جلبک ها در حذف فلزاتی چون سرب، مس، کادمیوم و روی و ... از محلول های آبی به خوبی عمل کرده اند. بسیاری از مقالات به موضوع جذب بیولوژیک فلزات سنگین مختلف از محلول های آبی توسط میکرو ارگانیسم های مختلف پرداخته اند. در این مقاله به بررسی نقش موثر تر جلبک های قهوه ای نسبت به سایر میکرو ارگانیزم ها در حذف فلزات سنگین پرداخته می شود. در ترکیبات دیواره سلولی جلبک ها غیر از سلولز مواد دیگری هم وجود دارد که نقش کلیدی در جذب بیولوژیکی کاتیونهای فلزی (مثل یون کبالت ) ایفا می کنند.

## جذب بیولوژیک

جذب فلز توسط میکروارگانیسم‌ها می تواند با سیستمهای مرده(جذب بیولوژیکی) یا زنده(تجمع بیولوژیکی) صورت گیرد. بررسی ها نشان داده است که استفاده از بیوماس مرده کارا تراز استفاده از بیوماس زنده است. زیرا در سیستم های زنده تقاضا برای اکسیژن و غذا وجود دارد و از طرفی سمیت فلزات و عوامل نامناسب دیگر نگهداری بیوماس های زنده را برای تصفیه پساب ها دچار مشکل می کند. . بنابراین روش جذب بیولوژیک در حذف فلزات سنگین مخرب، بهتر ازروش تجمع بیولوژیک است ( محمد حسن خانی و همکاران، ۱۳۸۳).

به طور معمول در جذب بیولوژیک توسط میکرو ارگانیزم ها ، ابتدا ارگانیزم را با اسید و یا آب مقطر شسته سپس آن را خشک نموده و به قطعات کوچک وریز نقسیم می شود (David Kratochvil، ۱۹۹۸). جاذب های بیولوژیکی نسبت به فلزات سنگین مختلف تمایلات جذب متفاوتی دارند و لذا در ظرفیت جذب خود متفاوت عمل می‌کنند. درجاذب های بیولوژیکی تمام یونهای فلزی قبل از دسترسی به غشای پلاسمایی و سیتوپلاسم می بایست از میان دیواره سلولی بگذرند. این دیواره سلولی حاوی پلی ساکارید و پروتئینهای مختلفی بوده که این مکانها قابلیت باند کردن یون فلزات را دارند ( Bohumil Volesky، ۲۰۰۳). نقش گروه‌های مختلف بیولوژیکی در جذب متفاوت است. چرا که ارگانیسمهای بیولوژیکی مختلف همچون باکتریها، قارچها، مخمرها، سیانو باکتری ها و جلبک ها می توانند با توجه به ویژگی هایشان، انواع گوناگونی از فلزات سنگین، با مقادیر مختلف، جذب کنند.

## ویژگی های جلبک های قهوه ای و ساختار سلولی و بیو شیمیایی جلبک های قهوه ای

جلبکهای قهوه‌ای موجودات پرسلولی هستندکه دارای رنگدانه کلروفیل و کلروپلاست بوده و فتوسنتز می کنند. این موجودات دارای تولید مثل جنسی هستند به جز چند نمونه در آب های شیرین باقی آنها در آب های شور و اقیانوس ها زندگی می‌کنند. عده ای از آن ها در فاصله جذر و مد دریا بر روی صخره ها زیست می کنند. بیشترین تنوع را در مناطق معتدل دارند. ساختار سلولی موثر در جذب بیولوژیک فیبرهای سلولوزی در خارج سلولهایشان و ساختاردیواره سلولیشان است که از پروتئین، فسفولیپید و الجینیک و فوکویدان ها تشکیل شده است (Bohumil Volesky، ۲۰۰۳).

فوکویدان ها فقط در جلبک های قهوه ای مشاهده شده است که یکی از مهم ترین عوامل در جذب بیولوژیک موثر فلزات سنگین می باشد. اثر فوکویدانها توسط آقای هایگ مورد آزمایش قرار گرفت. او نشان داد که با افزایش الجنیکها جذب کاتیون های دوظرفیتی مانند سرب، کادمیوم، مس و روی هم به شدت افزایش می یابد

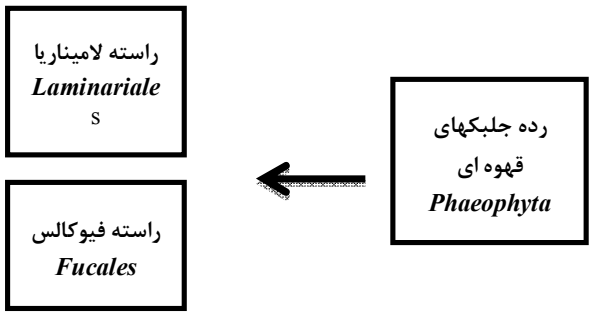


www.SID.ir

Archive of SID



در شکل یک، از رده جلبکهای قهوه ای، راسته هایی که در جذب بیولوژیک نقش دارند و مورد استفاده قرار می گیرند نشان داده شده است.




**شکل یک-رده بندی جلبک های قهوه ای موثر در جذب بیولوزیک**

از جمله جلبک های قهوه ای موثر می توان جلبک گراسیلاریا (*Gracilaria corticota*) در حذف فلز کبالت (فلز سنگین)، جلبک سیستوسریا (*cystoseria*) در حذف اورانیم (ماده رادیو اکتیویته)، جلبک اسکوفیلیوم ( *Ascophyllum nodosum*)در جذب کبالت، جلبک سارگاسیم (*Sargassum fluitans*) در حذف مس و بسیاری از گونه های دیگر که روز به روز با پیشرفت تحقیقات و مطالعات و آزمایشات بر تعدادشان افزوده می شود.

## جلبک ها در جذب بیولوژیک

جلبکها به علت تجدید ذیری، فراوانی در طبیعت و قابلیت دسترسی بالایشان و به خاطر ارزان بودن، داشتن سطح نسبتا زیاد برای جذب و میل ترکیبی زیاد، قادر به جذب بیولوژیکی فلزات سنگین و رادیو نوکلئیدها با راندمان بالا و هزینه پایین هستند. در میان اتوتروف ها جلبک ها به علت توانایی ایجاد توده ضخیم مورد توجه قرار گرفته اند ( محمد حسن خانی و همکاران، ۱۳۸۳).

محققین انواع مختلفی از جلبکها را برای جذب بیولوژیکی فلزات مورد آزمایش قرار داده اند. در این میان، جلبکهای قهوه ای بسیار موثرتر از دیگر گونه ها در جذب بیولوژیک عمل کرده و به عنوان یک جاذب بسیار خوب مطرح شده اند. علت جذب توسط این جلبک ها خصوصیت دیواره سلولی است که دارای اسید آلجینیک و Fucuidan Acid می باشد و به طور عمده ای مسئول چلاته کردن یا جداکردن فلزات سنگین از محلول ها می باشند. اسید آلجینیک در pH خنثی، ایجاد سایت های آنیونی کربوکسیلات و سولفات می کند. فرمهای آب شیرین این جلبک ها دارای اسید گالاکترونیک (galacturonic) و پلیمر پکتین بوده که سایتهای آنیونی داشته و توسط جذب الکترواستاتیک فلزات به آنها باند می شوند (رضا فولادی فر و همکاران، ۱۳۸۳)

## مکانیزم جذب

مکانیزم باند شدگی فلزات به علت پیچیدگی ماهیت جرم بیولوژیکی به آسانی قابل تصور نیست. مکانیزم جذب شامل کمپلکس با سطح سلول، تعویض یونی و رسوب های ریز (در حد میکرون) است. کارآیی جاذب بیولوژیکی بستگی به حالت یونی میکروارگانیزم دارد.

جاذب های بیولوژیکی زمانی می توانند به عنوان جاذب صنعتی بکار روند که علاوه بر داشتن پتانسیل بالا در باند کردن فلزات بصورت بستر ثابت یا متحرک مورد استفاده واقع شوند و افت زیادی را در سیستم ایجاد نکنند. برای این منظور می توان



www.SID.ir

Archive of SID



از فرآیندهایی چون سایزبندی، دانه بندی، اصلاح شیمیایی و یا تثبیت استفاده کرد. این موارد به ایجاد یک ساختار مناسب جهت بهره وری از آن جاذب در راکتور و جهت بالا بردن ظرفیت جذب کمک می کند (رضا فولادی فر و همکاران، ۱۳۸۳)

اختلاف در خصوصیات دیواره سلولی و سایت های جاذب و مواد خارج از سلولی میان ارگانیسمهای بیولوژیکی مختلف همچون جلبک ها، باکتریها سیانو باکتریها و قارچها و نیز اختلاف در خود تقسیمات بین گونه ای (مثل انواع جلبک سبز، قرمز و قهوه ای) تفاوت قابل ملاحظه ای را در نوع و مقدار فلز جذب شده بوجود می آورد. مواد پلیمری خارج سلولی نیز به صورت انتخابی یونهای فلزی با پتانسیل تجمعی بالا را می توانند باند کنند. این پلیمرها پتانسیل آنیونی داشته که فلزات کاتیونی را باند کرده و اغلب به صورت کپسولها و یا به صورت مجموعه ای متراکم در اطراف دیواره شکل می گیرند. در دیواره سلولی جلبکهای قهوه ای به علت وجود اسید الجنیک و فوکویدان ها خاصیت چسبندگی هم ایجاد می شود. اگرچه اثر مهم‌شان در تبادل یونی است که با فلزات سنگین و کاتیون های دو ظرفیتی انجام می دهند. در جلبک ها خصوصاً جلبک های قهوه ای مکانیسم مهم جذب، تبادل یونی است.

از آنجایی که جذب بیولوژیکی مربوط به جداسازی توسط سطح سلول است، بنابراین تغییر در دیواره سلولی میکروارگانیزم می تواند به طور قابل ملاحظه ای در باند کردن یون های فلزی تاثیر داشته باشد. بدین منظور روش های مختلفی را جهت تغییر دیواره های سلولی به منظور افزایش سطح جذب برای افزایش ظرفیت باند فلزات سنگین توسط جرم بیولوژیکی و مقدار جاذب بیشتر مورد استفاده قرار می دهند.

## مقایسه جلبک های قهوه ای با سایر جلبک ها و میکرو ارگانیزم ها

جلبک ها موجودات ساده ای هستند که دارای رنگدانه کلروفیل وکلرو پلاست هستند و فتوسنتز میکنند. اتوتروف هستند و دارای تولید مثل جنسی می باشند. دیواره سلولیشان از سلولز تشکیل شده اما در میکروارگانیزم های دیگرمثل قارچها دیواره ای از جنس کیتین وجود دارد. این خاصیت دیواره سلولی، وجه تمایزشان نسبت به قارچ ها و باکتری ها و میکرو ارگانیزم های دیگر است. همچنین، علاوه بر سلولز ترکیبات متعدد دیگری هم دارند که نقش کلیدی در حذف فلزات سنگین ایفا می کنند. این ترکیبات در جلبک های مختلف، متفاوت است (مانند اسید الجنیک در جلبک های قهوه ای).

جلبک ها به شاخه های مختلفی تقسیم میشوند. مهمترین آن ها در بحث جاذب های بیولوژیک عبارتست از جلبک های سبز، جلبک های قهوه ای، جلبک های قرمز، البته باید توجه کنیم که سیانوفیت ها یا جلبک های سبز-آبی که در بحث جاذب ها مورد استفاده قرار می گیرند، در اصل جلبک نیستند و جز خانواده باکتری ها محسوب می شوند (Bohumil Volesky، ۲۰۰۳).

## اثر عوامل جانبی آزمایش در میزان جذب بیولوژیک جلبک های قهوه ای

pHیکی از مهمترین عواملی است که جدا از ویژگی های ساختاری جاذب ها در میزان جذب موثر است. خصوصا در جلبک های قهوه ای که میزان پی اچ بر اسیدهای الوجنیک و اسید گالاکترونیک دیواره سلولی جلبک ها اثر می گذارد. زمان جذب و جرم جاذب و غلظت محلول حاوی فلز سنگین و دمای محیط هم از عوامل مهم دیگر می باشند. بدین ترتیب می توان گفت که عوامل ساختاری جاذب سپس عوامل محیطی و در آخر مقدار یا جرم جاذب در میزان جذب بیولوژیک فلزات سنگین اثر می گذارند.

## نتیجه گیری

جذب بیولوژیکی به علت هزینه اولیه پایین، حذف انتخابی در یک رنج وسیع دمایی و پی اچ توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. این موضوع، تکنولوژی جدیدی در زمینه محیط زیست می باشد. در روش حذف بیولوژیک از میکرو ارگانیسم



www.SID.ir

Archive of SID



های زنده و مرده مختلفی استفاده می شود که از میان آنها جلبک های قهوه ای به علت ساختار دیواره سلولی خود یکی از بهترین جاذب های بیولوژیک محسوب می شوند. امروزه جهت تشویق برای استفاده از این روش باید تمهیدات خاصی قائل شد همچنین، نیاز به همکاری بین رشته ای است تا ترکیبی از تخصصهای متالوژی، زیست شناسی، محیط زیست، بیولوژی ، و ... در کنار یکدیگر علیه آلودگی های ناشی از صنایع با هم همکاری داشته باشند.

## منابع


۱. اسماعیلی، الف.، بیرامی، پ.، روستائیان، ع و بیرامی،الف. ۱۳۸۷. بررسی جذب بیولوژیکی یون Co (II)از محلول های آبی توسط جلبک گراسیلاریا. مجله SID، ۱(۱۲)،۲-۸.

۲. حسن خانی، م، کشتکار، ع، میثمی، ب، فیروز زارع، م، جلالی، ر.۱۳۸۳. جذب بیولوژیکی اورانیوم توسط جلبک قهوه ای Cystoseria. نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، ۵ آذر، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

۳. رخشائی، ر.۱۳۸۴. بررسی و بهینه سازی از Pb, Cd, Ni, Zn شرایط حذف فلزات سنگین پساب ها به وسیله سرخس آبزی آزولا، پایان نامه دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، صفحه۲.

۴. فولادی فرد، ر، کمانی، ح، خائفی، م.۱۳۸۳. حذف فلزات سنگین به روش جذب بیولوژیکی ازمحلولهای آبی. نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران، ۵ آذر، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

5. Flouty, R., and Estephane, G. 2012. Bioaccumulation and biosorption of copper and lead by a unicellular algae chlamydomonas reinhardtii in single and binary metal systems. Journal of Environment management, 111, 106-114.
6. Kratochvil, D., and Volesky, B. 1998.Advances in the biosorption of heavy metals. Journal of Trends Biotechnol,16, 291–300.
7. Kutsal, T., Aksu, Z., and Etinkaya Do¨nmez, G.1999. A comparative study on heavy metal biosorption characteristics of some algae. Journal of Process Biochemistry, 34, 885–892
8. Volesky, B., and Holan ZR. 1995. Biosorption of heavy metals. . Journal of Biotechnol Prog, 11, 235–50Volesky, B., and Mucci, A. 2003. A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. Journal of Water Research, 37, 4311–4330.
9. Wael M. I. 2011. Biosorption of heavy metal ions from aqueous solution by red macroalgae. Journal of Hazardous Materials, 192, 1827– 1835.




www.SID.ir

# کارگاه‌های آموزشی مرکز اطلاعات علمی

آموزش نرم‌افزار Word برای پژوهشگران

روش تحقیق کمی

آموزش مهارت‌های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI