

## زیست پالایی ریز جلبک ها

محمود حافظیه<sup>۱\*</sup>، شهرام دادگر<sup>۱</sup>

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

\* نویسنده مسئول: jhafezieh@yahoo.com

### چکیده

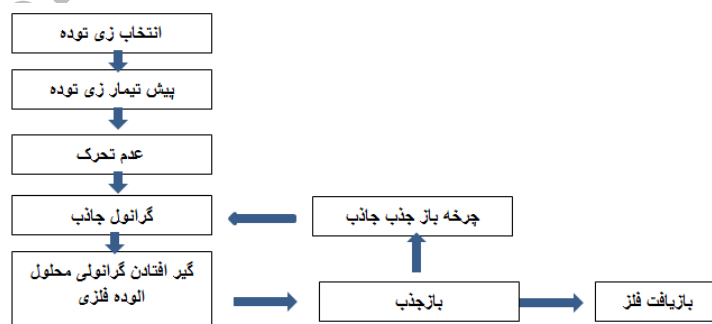
در دو دهه گذشته مدیریت آلودگی منابع آبی به خصوص انواع پرخطر، بسیار مورد توجه قرار گرفته و روش های مختلف از جمله رسوب دهی، تبخیر، تبادل یونی و ... به منظور خارج نمودن این مواد تکوین یافته است. از معایب این روش ها می توان به پر هزینه بودن، عدم دسترسی به برخی مواد شیمیایی و مشکلات زیست محیطی ثانویه متعاقب مصرف برخی مواد پالاینده اشاره نمود. در این بررسی از ریزجلبک ها با قابلیت تجمع، جذب، متابولیزه و حتی حذف ترکیبات سمی از محیط پیرامون که به وفور در طبیعت یافت می شوند، به عنوان جایگزین پالاینده ها در حذف فلزات سنگین، بهبود بخش پساب صنایع، کاهنده ترکیبات شیمیایی سمی و پاک کننده و خالص کننده آب استفاده شده است.

**کلمات کلیدی:** ریز جلبک ها، زیست پالایی، آلاینده ها، فلزات سنگین، سموم، ترکیبات هیدروکربن

## مقدمه

منابع آب سطح کره زمین بدلیل برخی فعالیت های انسانی بشدت در حال آلوده شدن هستند. امروزه از تکنیک ها متنوعی برای خارج کردن آلودگی از آبها استفاده می شود که می توان به اسمز معکوس، دیالیز الکتریکی، اولترافیلتراسیون، تبادل یونی، و ته نشست های شیمیایی و نهایتا بهبود از طریق بهره گیری از گیاه پالایی (Bioremediation) و... اشاره نمود. با این وجود، همه این روش ها معایبی دارند. از جمله این موارد عملکرد ناقص در خارج نمودن فلز، نیاز به انرژی و مواد زیاد، ایجاد فاضلاب سمی و یا سایر پساب ها که خود آنها نیاز به تیمار دهی دقیق دارند، می باشد (Ahalya et al., 2003). با افزایش آگاهی های محیط زیستی و شکایات قانونی از تخلیه پساب، بهره گیری از تکنولوژی های جایگزین موثر برای خارج نمودن این آلاینده ها به محیط زیست بسیار ضروری بنظر می رسد. در این راستا، بهره گیری از زی توده میکروارگانیسم ها از جمله ریزجلبک ها به عنوان یک انتخاب برای توسعه اقتصادی و تیمار دهی دوستدار محیط زیست پساب، خود را توجیه پذیر ساخته است. به این ترتیب ریزجلبک ها، علاوه بر تولید غذا و کود، بعنوان کنترل کننده آلودگی ها و سایر منافع نیز مطرح می شوند. برخی گونه های معین از جلبک ها برای مصارف کود های آلی در مزارع خشکی کاربرد دارند که هم بشکل ماده خام وهم بشکل نیمه ته نشست شده و فراوری شده استفاده می شوند (Riesing, 2006).

جذب زیستی (Biosorption) و فرایند های تجمع زیستی، یونهای فلزی را با زی توده های غیر زیستی و زیستی باند داده و در مجموع، فاکتوری برای پالایندگی محیط زیست فراهم می آورد. در این مطالعه فرآیند فوق در ارتباط با ریزجلبک ها، مورد بررسی قرار می گیرد. در شکل ۱ فرآیند جذب زیستی و ارتباط آن با انتخاب زی توده (ریز جلبک)، پیش تیمار، عدم تحرک و غیره نشان داده شده است.



شکل ۱ - فرایند جذب زیستی

## نتایج و بحث

در فرآیند جذب زیستی، از توانایی مواد زیستی برای تجمع فلزات سنگین پساب و یا مسیر های بازجذب فیزیکی - شیمیایی آنها بهره گرفته می شود (Fourest & Roux, 1992). در این فرایند، از زی توده ارگانسیم های میکروبی مختلف، خزہ ها، گیاهان آبری وحتی گیاهان برگ دار استفاده شده است (Chang et al., 1997; Niu et al., 1993; King et al., 2007) بهترین جاذب های فلزات سنگین در بین آنها، جلبکها بوده که بدلیل داشتن پلی ساکارید ها، پروتئین ها یا چربی ها در سطوح دیواره سلولی با داشتن گروه های فعالی چون هیدروکسیل آمین، کربوکسیل و سولفات، براحتی محل هایی برای اتصال با فلزات را بوجود آورده اند (Yu et al., 1999) و به همین دلیل بیشترین ظرفیت اتصال با فلزات سنگین را نشان می دهند ( Schiewer et al., 2000). همچنین تحقیقات نشان داد که این جلبک ها توانایی بالایی در جذب زیستی فلزات سنگین محیط های آبی دارند (Volesky & Holan, 1995; Schiewer & Volesky, 2000). از طرف دیگر فرآیند تجمع زیستی به تجمع ترکیباتی چون آفت کش ها، یا سایر مواد شیمیایی آلی در یک ارگانسیم و یا انتقال آلودگی آلی یا غیر آلی بداخل سلولهای زنده نیزاطلاق می شود (Barron, 1995). در این فرآیند، مواد غذایی چون نیترات ها، فسفات ها، سولفات ها، ترکیبات کربنی آلی و غیر آلی، از خروجی پساب خارج می شوند. به عنوان مثال، در استخرهای مصنوعی از ارگانسیم های فتوسنتز کننده می توان برای جلوگیری از رسوب مواد معدنی استفاده کرد و از اینطریق اوتریفیکاسیون را کنترل نمود (Ehrlich, 1986). تجمع زیستی زمانی رخ می دهد که یک ارگانسیم ترکیبات سمی در سطوح بالا را به خود جذب نماید، لذا نیمه عمر طولانی تر ترکیبات خطرناک مضاعف بر سمیت حاد، حتی در شرایطی که سطوح طبیعی ین سموم خیلی زیاد نباشد را باعث می گردد (Bryan et al., 1979).

## پالایش زیستی فلزات سنگین

وجود فلزات سنگین در محیط زیست بدلیل ایجاد مسمومیت در فون و فلور موجودات زنده، یکی از مهمترین دغدغه های زیست شناسان است. علاوه برآن، بازیافت آنها اززایدات خروجی های صنعتی نیز بشدت مورد توجه است، به خصوص از بعد امکان بهره گیری مجدد فلزات ضروری، حائز اهمیت می باشد. زایدات صنعتی، ساختار ژئو- شیمیایی و معدنی فلزات، منابع اصلی ایجاد آلودگی های فلزات سنگین در محیط های آبی است (Gumgum et al., 1994). همچنین از مهمترین آلاینده های دریاها، زمین، صنایع، و حتی پساب تیمار شده، می توان به فلزات سنگین اشاره نمود. با فرآیند صنعتی شدن، کودها و آفت کش های مورد استفاده خود به ایجاد آلودگی فلزات سنگین منابع آبی و زمین کمک نموده اند. افزایش بار فلزات سنگین سبب برهم خوردن تعادل اکوسیستم های آبی می شود و تجمع فلزات سنگینی از قبیل مس، روی، کادمیم، کروم و نیکل و... بر رشد موجودات زنده

تاثیر منفی می گذارد، و شانس انتقال فلزات سنگین در زنجیره غذایی افزایش می یابد (Pergent *et al.*, 1999). فلزات سمی به دو گروه بزرگ تقسیم بندی می شوند، اولین گروه شامل فلزاتی هستند که البته در مقادیر بسیار کم در نیازهای غذایی بسیاری از ارگانیسم ها ضروریند ولی در مقادیر بالا سمیت دارند. در این گروه می توان به آرسنیک، کروم، کبالت، مس، نیکل، سلنیم، وانادیوم و روی اشاره نمود. دومین گروه شامل سرب، جیوه، کادمیم، اورانیوم، نقره، و برم می باشند که همه آنها بسیار سمی اند و هیچ ارزش غذایی ندارند (Inthorn, 2001). از آنجا که این فلزات سنگین تجزیه زیستی نمی شوند، در ارگانیسم های زنده تجمع می یابند. به منظور کاهش مشکلات آلودگی فلزات سنگین، فرآیند های بسیاری تکوین یافته تا بتوان فلزات درون پساب ها را تیمار نمود. البته فلزات سنگین نیز تاثیراتی بر فعالیت سلولی ریز جلبک ها دارند که می توان به تاثیر بر زیست سلولها، ساختار غشا سلولی و برخی ویژگی های آن اشاره نمود. بسیاری از آلوده کننده های شیمیایی، از جمله ترکیبات ارگانوکلرین، علف کش، زائدات محلی و شهری، محصولات نفتی و فلزات سنگین، حتی در سطوح پایین آزاد سازی، اثرات منفی زیادی بر محیط اقیانوس ها وارد می کنند (Haynes & Johnson, 2000) لذا در یافتن روش های اقتصادی، موثر و ایمن خارج کردن فلزات سنگین از پساب باید از موادی که بطور خارق العاده و به شکل معنی دار قادر به کاهش سطوح این فلزات از آنها هستند، استفاده نمود. در این رهگذر باید از مواد زیستی استفاده نمود که نه تنها دوستدار محیط زیست باشند بلکه اقتصادی نیز باشند. جذب زیستی، که به توانایی ترکیبات زیستی به منظور خارج نمودن و تجمع فلزات سنگین و یا برخی آلودگی های دیگر از محیط های آبی اطلاق می شود، نیز بدلیل برخی مزایا نسبت به روش های سنتی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این روش از ترکیبات ارزان چون ریز جلبک های طبیعی که در توده های زیاد در دسترس هستند، و یا محصولات حاصل از صنایع تخمیری به عنوان جاذب استفاده می شوند (Davis, 2000). توانایی ریز جلبک ها در جذب فلزات از خیلی سال پیش شناخته و تایید شده است (جدول ۱ و ۲). جلبک ها قادرند با جذب زیستی، فلزات سنگین را در غلظت های بالاتر از آنچه در محیط وجود دارد در خود ذخیره کنند (Megharaja *et al.*, 2003). ریز جلبک های وابسته به ارگانیسم های یوکاریوت فتوسنتز و برخی قارچ ها بطور ترجیحی پپتیدهایی سنتز می کنند که می توانند با فلزات سنگین اتصال برقرار کنند. این مولکولها، به عنوان کمپلکس فلز- ماده آلی بوده، در مراحل بعدی درون واکوئولها قرار می گیرند تا کنترل تسهیل شده ی بر غلظت یون های فلزات سنگین سیتوپلاسمی اعمال نمایند، و از این طریق اثرات سمیت آنها را یاخنتی کنند یا از اثرات منفی آنها جلوگیری نمایند (Cobbett & Goldsbrough, 2002). برخلاف یوکاریوت ها، سلولهای پروکاریوت برای سمیت زدایی فلزات سنگین بطریق پخش به بیرون و یا تغییرات آنزیمی از انرژی ATP استفاده می کنند. ریز جلبک ها در موضوع پالایش زیستی بدلیل قابلیت با دامنه وسیع تیمار دهی فلزات سنگین و یا حتی سایر ترکیبات زائد که البته خود به هیچ عنوان بیماریزا نیستند، بسیار مقدم بر دیگر ارگانیسم ها می باشند. از طرف دیگر با بهره گیری

از این قابلیت پالایندگی زیستی ریزجلبک، می توان مطمئن بود که هیچ گونه آلودگی در اتمسفر، آزاد و رها نخواهد شد که این موضوع از بعد سلامت و ایمنی محیط زیست بسیار حائز اهمیت می باشند. ریزجلبک ها از زائادات به عنوان منابع غذایی استفاده نموده و از طریق فرایند های آنزیمی نسبت به تخریب این آلودگی ها اقدام می کنند. مطالعات نشان داده که بواسطه متابولیسم ریز جلبک ها، زنوبیوتیک ها (باکتری های بیگانه) و فلزات سنگین یا سمیت زدایی شده، یا از یک شکل به شکل دیگر درآمده و یا تبخیر شده اند. آنها توانایی جذب دامنه وسیعی از مواد و ترکیبات غذایی مثل نیتروژن و فسفر را دارند (Ayse et al., 2005). زمانی و مرادشاهی، ۱۳۹۲ ضمن بررسی فرایند آلاینده های نانوذرات از مدل زیستی ریزجلبک دنالیا برای زیست سنجی آنها بهره بردند.

#### جدول ۱- ریز جلبک های مورد استفاده در پالایش زیستی فلزات سنگین

| ریز جلبک                                      | منبع                     | فلز مطالعه شده  |
|---|--------------------------|-----------------|
| <i>Tetraselmis chuii</i>                      | Ayşe et al. 2005         | Cu              |
| <i>Platensis</i>                              | Arunakumara et al. 2008  | Pb              |
| <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Spirogyra</i> sp. | Diwan, 2007              | Ni(II)          |
| <i>Spirogyra</i> sp., <i>Nostoc commune</i>   | Mane et al. 2011         | Se              |
| <i>Westiellopsis</i> sp.                      | Parameswari et al. 2010  | Cr(VI), Ni (II) |
| <i>Spirogyra hyalina</i>                      | Nirmal Kumar & Cini 2012 | Cd, Hg, Pb,     |
| <i>Dunaliella</i> and <i>Chlorella</i>        | Muhaemin, 2004           | Pb              |
| <i>Oscillatoria quadripunctulata</i>          | Ajayan et al. 2011       | Cu, Co, Pb,     |
| <i>Chlorella vulgaris</i>                     | Travieso et al. 1999     | Cd, Zn and Cr   |
| <i>Scenedesmus acutus</i>                     | Inthorn et al. 2001      | Cd, Pb and Hg   |
| <i>Padina</i> sp.                             | Kaewsarn, 2002           | Cu              |
| <i>Closterium lunula</i>                      | Yan & Pan 2002           | Cu              |
| <i>Spirulina platensis</i>                    | Gannikar, 2002           | Cu, Hg and Pb   |
| <i>Chlorella minutissima</i>                  | Singh et al. 2011        | Cr(VI)          |
| <i>Chlorella pyrenoidosa</i>                  | Yao et al. 2011          | Zn, Cu, As,     |

## جدول ۲- ریز جلبک هایی مورد استفاده در حذف یا بازیافت فلزات از آبهای پساب و فاضلاب

| فلز     | ارگانسیم  |
|---------|---|
| Cd(II)  | <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Chlorella salina</i> , <i>Scenedesmus obliquus</i> ,<br><i>Chlamydomonas reinhardtii</i> , ۹۹۹۹<br><i>Asterionella Formosa</i> , <i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Thalassphaere<br/>elongate</i> |
| Pb(II)  | <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Euglena</i> sp.  |
| Zn(II)  | <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Chlorella regularis</i> , <i>Chlorella salina</i> , <i>Chlorella<br/>homosphaera</i> , <i>Euglena</i> sp.  |
| Au(I)   | <i>Chlorella vulgaris</i>   |
| U(II)   | <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Chlorella</i> sp., <i>Scenedesmus<br/>obliquus</i> , <i>Scenedesmus</i> sp., <i>Chlamydomonas</i> sp., <i>Dunaliella<br/>tertiolecta</i> , <i>Ankiistroesmus</i> sp., <i>Selenastrum</i> sp.       |
| Cu(I)   | <i>Chlorella regularis</i> , <i>Euglena</i> sp., <i>Cricosphaere elongate</i>   |
| Ni(I)   | <i>Chlorella regularis</i> , <i>Thalassiosira rotula</i>  |
| Co(II)  | <i>Chlorella regularis</i> , <i>Chlorella salina</i>  |
| Mn(II)  | <i>Chlorella regularis</i> , <i>Chlorella salina</i> , <i>Euglena</i> sp.   |
| Mo(I)   | <i>Chlorella regularis</i> , <i>Scenedesmus</i> sp., <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>   |
| Tc(II)  | <i>Chlorella emersonii</i> , <i>Scenedesmus obliquus</i> ,  |
| Zn(II)  | <i>Chlorella emersonii</i> , <i>Scenedesmus obliquus</i> ,  |
| Hg(II)  | <i>Chlorella</i> sp.  |
| Al(III) | <i>Euglena</i> sp.  |

نقش غالب برخی از پلی ساکارید های جلبکی از جمله کارگینان در تجمع فلزات مخصوصا در ریز جلبک ها ثابت شده و به توانایی پلی ساکارید در ژل شدن بستگی زیادی دارد (Pengfu et al., 2001).

جلبک ها به خاطر رشد سریع تر از گیاهان، گستره وسیع تر زیستگاهی، مساحت مورد نیاز کمتر برای رشد و تکثیر و توانایی تجمع زیاد فلزات سنگین در خود به عنوان شاخص زیست محیطی Bioindicator پایشگرهای زیست محیطی Biomonitoring و تصفیه کننده پسابها Biosorption of effluent treatment مورد توجه قرار گرفتند (فاطمی مطلق و همکاران، ۱۳۹۱).

## پالایش زیستی ترکیبات نفتی

منظور از نشت نفت، رها شدن هیدروکربن های نفتی مایع به محیط زیست از طریق فعالیت های بشر بوده، که یکی از مهمترین انواع آلودگی است. آزاد شدن نفت خام از تانکرها، رها شدن سوخت کشتی های بزرگ، نشت از پایانه های ساحلی، دستگاه های حفر چاه، نشت از پالایشگاه هایی چون پالایشگاه های گازوئیل، دیزل و سایر محصولات جنبی و بطور کلی رها شدن هر گونه نفت ضایعاتی و سوخته از جمله این نشت ها می باشند. نشت روغن یکی از مهمترین معضلات محیط زیستی است. رشد ریز جلبک ها بر روی این نشت های نفتی توسط متخصصین به منظور تعیین امکان پاک سازی روغن توسط آنها مورد بررسی قرار گرفت. تجربیات Walker و همکاران (۱۹۷۵) نشان می دهد که ریز جلبک ها می توانند هیدروکربن های نفت خام و روغن موتور را تا حدودی از بین ببرند. آنها گزارش نمودند که که ۶۰-۳۸٪ هیدروکربن های الیفاتیک اشباع شده و ۴۱-۱۲٪ ترکیبات آروماتیک روغن های خام و ۲۳-۱۰٪ هیدروکربن های آلیفاتیک اشباع و ۲۶-۱۰٪ ترکیبات آروماتیک نفت موتور توسط ریزجلبک ها تجزیه شدند. این موضوع می تواند پیشنهادی باشد مبنی بر اینکه ریز جلبک ها نیز در کنار سایر میکروارگانیسم ها قادرند روغن های مختلف را تجزیه کنند (جدول ۳).

## جدول ۳- تجزیه ترکیبات نفتی و سوخت بوسیله گروه های مختلف ریز جلبک ها

| ریز جلبک                                      | ترکیبات   |
|---|---|
| <i>Selanastrum capricornatum</i>              | Benzene, toluene, naphthalene, phenanthrene,        |
| <i>Cyanobacteria Microcystis aeruginosa</i>   | Benzene, toluene, naphthalene, phenanthrene, pyrene |
| Mixed cultures (Yeasts, molds, protozoa, ...) | Acrylonitrile                                       |
| Activated sludge                              | Dibenzanthraceae                                    |
| Sewage sludge                                 | Fluoranthene  |
| <i>Acinetobacter calcoaceticus</i>            | Petroleum derivatives                               |
| Strains of <i>Pseudomonas putida</i>          | Phenol cresols                                      |
| <i>Trichosporon pullulans</i>                 | Paraffins   |
| <i>Aeromonium sp.</i>                         | Total petroleum hydrocarbons                        |
| <i>Mycobacterium sp.</i>                      | n-Undecane  |

## پالایش زیستی سموم کشاورزی

دامنه وسیعی از ترکیبات ارگانوکلره از طریق فاضلاب خانگی، پساب حامل آفت کشتهای مربوط به مزارع کشاورزی و خروجی صنایع در محیط های آبی رها می شوند. مطالعات گذشته نشان داده که برخی از گونه های ریزجلبکی نسبت به آفت کش ها حساسیت دارند (Solomon, 1996). البته حساسیت ها بسته به غلظت آفت کش، زمان در معرض بودن و گونه ریز جلبک متغیر بودند. ریزجلبک ها نه تنها قادرند آفت کش ها را تجمع زیستی دهند، بلکه می توانند به تغییر شکل زیستی سایر آلاینده های محیط زیستی نیز کمک کنند (جدول ۴).

## جدول ۴- ریز جلبک های موثر در تجمع زیستی و تغییر شکل زیستی آفت کش ها

| ریز جلبک                         | تجمع زیستی  | تغییر شکل زیستی           |
|----------------------------------|---|---------------------------|
| <i>Chlamydomonas sp.</i>         | Mirex   | Lindane, naphthalene      |
| <i>Chlorella sp.</i>             | Toxaphene,<br>methoxychlor  | Lindane<br>chlordimeform  |
| <i>Chlorococcum sp.</i>          | Mirex   |                           |
| <i>Cylindrotheca sp.</i>         | DDT   |                           |
| <i>Dunaliella sp.</i>            | Mirex   | DDT, naphthalene          |
| <i>Euglena gracilis</i>          | DDT, parathion  | Phenol                    |
| <i>Scenedesmus obliquus</i>      | DDT, parathion  | Naphthalene sulfonic acid |
| <i>Selenastrum capricornutum</i> | Benzene, toluene,<br>chlorobenzene, 1,2-dichlorobenzene,<br>nitrobenzene<br>naphthalene, 2,6-<br>dinitrotoluene,<br>phenanthrene, di-nbutylphthalate,<br>pyrene | Benzo[a]pyrene            |



### پالایش زیستی ترکیبات رادیو اکتیو

اورانیوم به عنوان یکی از جدی ترین آلاینده های فلزات سنگین هم بدلیل سمیت بالا و هم بدلیل تشعشعات رادیو اکتیو بسیار خطرناک می باشد. سطح اورانیوم در محیط زیست با توجه به افزایش فعالیت های هسته ای، افزایش یافته است. آلودگی اورانیومی هم در منابع ابهای سطحی و هم زیر زمینی مشاهده شده است (Laul, 1992). لذا کاهش سطوح فلزات سنگین و به خصوص اورانیوم در محیط زیست یکی از کارهای ضروری است که بیشتر متخصصین محیط زیستی بدنبال یافتن راه کار آن می باشند. روش های جدا کننده فلزات سنگین از خروجی های صنایع ( مثل رسوب دهی و جداسازی فاضلاب، اکسیداسیون و احیا شیمیایی، تبادل یونی، اسمز معکوس، جداسازی غشایی، تیماردهی الکتروشیمیایی و تبخیر)، اغلب آنطور که بایسته است اثر بخشی نداشته و به خصوص در محیط های خروجی رقیق، بسیار گران قیمت می باشند (Aksu, 1998). جلبک های دریایی با قابلیت جذب رادیونوکلئید ها بی چون رادیوم، توریوم و اورانیوم از مدتها قبل شناخته شده بودند. جذب زیستی اورانیوم بوسیله *Cystoseira indica* که یک جلبک قهوه ای است قبلا گزارش شده است (Edgington et al., 1970).

ریزجلبک ها جاذب آلاینده های آلی و معدنی

از ریز جلبک ها و گیاهان آبری می توان به عنوان جاذب های طبیعی برخی از یونها و عناصر آلاینده محیط زیست بهره گرفت. شیخی نژاد و همکاران (۱۳۹۲) ویژگی های برخی از ریزجلبکی در کاهش دی اکسید کربن آب را نشان دادند. همچنین لباب پور (۱۳۹۲)، از جلبک کلرولا ولگاریس برای جذب آلاینده های فاضلابی استفاده نمود ضمن آنکه توده زیستی بدست آمده نیز ارزش اقتصادی داشت.

### یافته های ترویجی

از جلبک ها چه به صورت زنده و چه خشک شده، می توان در بخش های مختلف صنعتی استفاده نمود. مهمترین عملکرد آنها در حذف یا بازیافت فلزات سنگین پساب ها است که پس از بازجذب توسط جلبک ها از پساب جداسازی شده، از این طریق می توان درصد بالایی از آلودگی های فلزات سنگین را از منابع آبی خارج نمود. پالایش زیستی ترکیبات نفتی یکی دیگر از کاربرد های جلبک ها است که با جذب مقادیر قابل توجهی از این ترکیبات هیدروکربنه امکان حذف آنها از پساب آلوده وجود خواهد داشت. جلبک ها همچنین می توانند در حذف یا کاهش سموم آب زهکش های کشاورزی، ترکیبات رادیو اکتیو پساب کارخانه ای و همچنین ترکیبات آلی نیتراته و فسفات ه حاصل از فعالیت های کود دهی و کشاورزی و یا پساب کارخانه ها نقش موثری ایفا نمایند.

بدین منظور کافی است در پساب های موجود کشت شوند و با توجه به پدیده جذب زیستی، قابلیت زیست پالایی بالایی خواهند داشت. همچنین می توان جلبک ها و به خصوص گیاهان دریایی را خشک نمود و بصورت ذرات مختلف از خرد شده تا پودر شده در بسته بندی هایی که پودر از آن خارج نگردد در پساب گذاشت تا روند جذب زیستی خود را در زمان لازم انجام دهند. بدیهی است در شکل خشک یا پودر می توان آنها را از پساب خارج نمود و به عنوان کود در کشاورزی مورد استفاده قرار داد.

## منابع

- زمانی، ه. و مراد شاهی، ع.، ۱۳۹۲. نانوذرات بعنوان منبع جدید آلودگی های در حال ظهور و زیست سنجی آنها توسط مدل زیستی *Dunaliella salina*. اولین همایش تخصصی زیست پالایی ۱۳۹۲ آذر ماه. دانشکده مهندسی شیمی - نفت.
- شیخی نژاد، ع.، جعفری، س.، حلاج، آ. و لیب پور، م.، ۱۳۹۲. انتخاب ریز جلبک مناسب برای جذب و کاهش دی اکسید کربن و گازهای گلخانه ای. اولین همایش تخصصی زیست پالایی ۱۳۹۲ آذر ماه. دانشکده مهندسی شیمی - نفت.
- فاطمی مطلق، ر.، فاضلی، ف.، ولی الهی، ج. و درویش پسند، ز.، ۱۳۹۱. کاربرد بیوتکنولوژی در جذب و تجمع فلزات سنگین و برتری جلبک پالایی در زیست پالایی در جهت توسعه پایدار. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار. پژوهشکده سوانح طبیعی اداره کل سازمان پدافند غیر عامل تهران - ایران.
- لیب پور، م.، ۱۳۹۲: کشت ریزجلبک کلرولا ولگاریس در فاضلاب شهری برای تولید زیست توده. اولین همایش تخصصی زیست پالایی ۱۳۹۲ آذر ماه. دانشکده مهندسی شیمی نفت.

Ahalya, N., Ramachandra, TV. and Kanamadi RD., 2003. Biosorption of heavy metals. Res. J. Chem. Environ., 7: 71-78.

Ajayan, KV., Selyaraju, M. and Thirugnanamoorthy, K., 2011. Growth and heavy metals accumulation potential of microalgae grown in sewage wastewater and Petrochemical Effluents. Pakistan Journal of Biological Sciences 14(16): 805-811.

Aksu, Z., 1998. Biosorption of heavy metals by micro algae in batch and continuous systems. In: WONG, Y-S. and TAM, N.F.Y., eds. Algae for waste water treatment. Germany. Springer p.164-182.

Arunkumar, KKIU., Xuecheng, ZHAG. and Xiaojin, SONG., 2008. Bioaccumulation of PB2+ and Its effects on Growth, Morphology and Pigment contents of *Spirulina*(Arthrospora)*platensis*. J. Ocean. Univ. Chin., 7(4):397-403.

Ayse, BY., Oya, I. and Selin, S., (2005) Bioaccumulation and Toxicity of different copper concentrations in *Tetraselmis chuii*. E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 22(3-4): 297-304.

- Barron, MG., 1995. Bioaccumulation and Bioconcentration in Aquatic Organisms. In: Hoffman, D.J., Rattner, B.A., Burton Jr., G.A., Cairns Jr., B.G. Handbook of Ecotoxicology. CRC Press Inc. Boca. Raton USA p. 652 -666.
- Bitton, G., 2005. Wastewater microbiology, Wiley-Liss, John Wiley and Sons, New Jersey, USA, PP-766
- Bryan, GW., Waldichuk, M. and Pentreath, RJ., 1979. Bioaccumulation of Marine Pollutants [and Discussion], Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, The Royal Society.
- Chang, J., Law, R. and Chang, C., 1997. Biosorption of lead, copper and cadmium by biomass of *Pseudomonas aeruginosa* PU21. Water Res., 31:1651-1658
- Cobbett, C. and Goldsbrough, P., 2002. Phytochelatin and metallothioneins: Roles in heavy metal detoxification and homeostasis. Annu. Rev. Plant Biol., 53:159-182.
- Davis, T., 2000. Sargassum seaweed as biosorbent for heavy metals (Davis, T., Volesky, B., Vieira, R.). Wat Res 34:4270-4278.
- Diwan, S., 2007. Removal of Ni(II) from Aqueous Solution by Biosorption using two green algal species *Oscillatoria* sp. and *Spirogyra* sp., 5th WSEAS Int. Conf. on Environment, ecosystems and development, Tenerife, Spain Dec 14-16.
- Edgington, DN., Gorden, SA. and Thommes, MM., 1970. The concentration of radium, thorium and uranium by tropical marine algae. Limnology and Oceanography 15(1): 945-955.
- Ehrlich, HL., 1986. What types of microorganisms are effective in bioleaching. bioaccumulation of metals. ore beneficiation and desulfurization of fossil fuels. Biotechnol Bioeng 16: 227-237.
- Fourest, E. and Roux, J., 1992. Heavy metal biosorption by fungal mycelial byproducts: mechanism and influence of pH, Appl. Microbiol Biotechnol 37:399-403.
- Garnikar, D., 2002. Accumulation of copper, mercury and lead in *Spirulina platensis* studied in Zarrouk's medium. The Journal of KMITNB 12(4): 333-35.
- Gumgum, B., Unlu, E. and Tez, Z., 1994. Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tiger River in Turkey. Chemosphere 29 (1): 111-116.
- Haynes, D. and Johnson, JE., 2000. Organochlorine, heavy metal and polyaromatic hydrocarbon pollutant concentrations in the Great Barrier Reef (Australia) environment: a review. Mar. Pollut. Bull., 41:7-12.
- Inthorn, D., 2001. Removal of heavy metal by using microalgae. Edited by Hiroyuki Kojima and Yuan Kun Lee, Photosynthetic Microorganisms in Environmental Biotechnology. Springer, Verlag Hong Kong Ltd 310: 111-169.
- Inthorn, D., Siditooon, N. and Silapanuntakul, S., 2001. Sorption of mercury, cadmium and lead by microalgae. Research Article Science Asia 28: 253-261.
- Kaewsarn, P., 2002 Biosorption of copper(II) from aqueous solutions by pre-treated biomass of marine algae *Padina* sp. Chemosphere 49: 471-476.
- King, P., Rakesh, N. and Beenalahari, S., 2007. Removal of lead from aqueous solution using *Syzygium cumini* L.: equilibrium and kinetic studies. J Hazard Mater 142:340-347.
- Laul, JC., 1992. Natural radionuclides in ground water. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 156( 1): 235-241.
- Mane, PC., Bhosle, AB. and Jangam, CM., 2011. Bioadsorption of selenium by Pretreated Algal Biomass Advances in applied Science Research 2(2): 202-207.
- Megharaja, M., Ragusa, SR. and Naidu, R., 2003. Metal-algae interactions: implication of bioavailability. In: Naidu, R., Gupta, V.V.S.R., Rogers, S., Kookana, R.S., Bolan, N.S. and Adriano, D.C. (eds) Bioavailability, Toxicity and Risk Relationships in Ecosystems, Science Publishers, Enfield, New Hampshire pp. 109-144.

- Muthukumar, M., Raghavan, BG. and Subrahmanian, V., 2005. Bioremediation of industrial effluent using micro algae. *Indian Hydrobiology* 7:105 -122.
- Muhaemin M (2004) Toxicity and Bioaccumulation of lead in *Chlorella* and *Dunaliella*. *Journal of Coastal Development* 8(1): 27-33.
- Nirmal Kumar, JI. and Cini, O., 2012. Removal of heavy metals by biosorption using freshwater alga *Spirogyra hyalina*. *J Environ Biol* 33: 27-31.
- Niu, H., Xu, XS. and Wang, JH., 1993. Removal of lead from aqueous solutions by *penicillium* biomass, *Biotechnol Bioeng* 42:785–787.
- Parameswari, E., Lakshmanan, A. and Thilagavathi, T., 2010. Phycoremediation of heavy metals in polluted waterbodies. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food chemistry* 9(4): 808-814.
- Pengfu, L., Zhili, L. and Ren, X., 2001. Chemical characterisation of the released polysaccharide from the cyanobacterium *Aphanothece halophytica* GR02, *J Appl. Phycol.*, 13:71– 77.
- Pergent, C. and Pergent-Martini, C., 1999. Mercury levels and fluxes in *Podosonia oceanica* meadows. *Environ Pollut* 106: 33–7.
- Priyadarshani, I., Sahu, D. and Rath, B., 2011. Microalgal bioremediation : Current practices and perspectives. *J. Biochem Tech.*, (2011) 3(3): 299-304.
- Riesing, TF., 2006. Cultivating Algae for Liquid Fuel Production. *Permaculture Activist* 48 (59).
- Rangsayatorn, N., Pokethitiyook, P. and Upatham, ES., 2004. Cadmium biosorption by cells of *Spirulina platensis* TISTR 8217 immobilized in alginate and silica gel. *Environmental International* 30:57-63.
- Schiewer, S. and Volesky, B., 2000. Biosorption by Marine Algae. In: Ed. J.J. Valdes, *Bioremediation*, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands 139-169.
- Schiewer, S. and Volesky, B., 2000. In: D.R. Lovely (Ed.), *Environmental Microbe- Metal Interactions*, ASM Press, Washington, DC pp. 329–362.
- Singh, SK., Bansal, A. and Jha, MK., 2011. An integrated approach to remove Cr(VI) using immobilized *Chlorella minutissima* grown in nutrient rich sewage waste water. *Bioresource Technology* pp 1-9.
- Solomon, KR., 1996. Ecological risk assessment of atrazine in North America surface waters. *Environ Toxicol Chem.*, 15: 31–76.
- Travieso, L., Canizares, RO. and Borja, R., 1999. Heavy metal removal by microalgae, *Bull. Environ Contam Toxicol* 62:144-151.
- Volesky, B. and Holan, ZR., 1995. Biosorption of heavy metals. *Biotechnol Prog* 11:235–50.
- Walker JD, Colwell RR, Petrakis L (1975) Degrada- tion of petroleum by an alga, *Prototheca zopfi*. *Appl. Micro-biol.*, 30:79-81
- Yan, H. and Pan, G., 2002. Toxicity and bioaccumulation of copper in three green microalgal species. *Chemosphere* 49: 471-476
- Yao, J., Li, W. and Xia, F., 2011. Heavy metals and PCDD/Fs in solid waste incinerator fly ash in Zhejiang province, China: Chemical and bioanalytical characterization. *Environmental Monitoring and assessment*.
- Yu, Q., Matheickal, JT. and Kaewsarn, P., 1999. Heavy metal uptake capacities of common marine macro-algal biomass. *Water Res.*, 33:1534–1537.