

بررسی حذف آرسنیک از محیط آبی بوسیله کربن نانو تیوب چند دیواره ای

حمزه علیزاده^۱، احسان ستوده^۲

۱ کارشناس ارشد شیمی تجزیه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز
۲ دانشجوی دکتری شیمی تجزیه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر

نام و نشانی ایمیل نویسنده مسئول:
حمزه علیزاده

چکیده

با توجه اینکه فاضلاب بسیاری از کارخانه ها به اب رود خانه ها ریخته می شود و لزوم تصفیه آب رود خانه ها برای استفاده مجدد و کاهش هزینه های مربوط به از بین بردن آلودگی ها برای این منظور از کربن نانو تیوب جهت حذف فلز سنگین آرسنیک استفاده کرده ایم. که متغیر های ما در این آزمایش: زمان اختلاط، pH و مقدار جاذب می باشد. کربن نانو تیوب به عنوان جاذب سطحی از آن استفاده نموده ایم. در این مطالعه از یک محلول آرسنیک استاندارد محلول با غلظت ۱۰ ppm را تهیه کرده و سپس در PHهای ۲، ۴، ۶، ۸ به هر کدام مقداری کربن نانو تیوب به میزان نیم گرم اضافه کرده و سپس به وسیله دستگاه جذب اتمی میزان آرسنیک جذب شده به وسیله کربن نانو تیوب محاسبه شد. این آزمایش با افزایش میزان جاذب از نیم گرم به یک گرم تکرار شد که بهترین نتیجه در PH های اسیدی حاصل شد. که باتوجه به نتایج بدست آمده می توان مقدار قابل توجهی از آرسنیک موجود در آب و پساب های صنعتی را توسط کربن نانو تیوب چند دیواره ای حذف نمود. که بیشترین میزان جذب آرسنیک توسط کربن نانو تیوب در PH=2 و مقدار یک گرم از کربن نانو تیوب در مدت زمان ۳۰ دقیقه و ۸۴٪ درصد از آرسنیک جذب شده است.

واژگان کلیدی: آرسنیک، نانو تیوب، فاضلاب

مقدمه

انتشار فلزات سنگین در محیط زیست که با توسعه صنعتی و افزایش جمعیت توأم می باشد یکی از مشکلات زیست محیطی در بسیاری از کشورها می باشد. فلزات سنگین می توانند در بدن موجودات زنده تجمع نموده و موجبات بیماریها و ناتوانیهای مختلف را فراهم آورند. این فلزات در فرآیندهای مختلف صنعتی مانند ذوب، تخلیص و استخراج فلزات از طریق انتشار گازهای آلوده و یا پسابهای صنعتی در محیط زیست منتشر می شوند. این فلزات قابل تجزیه زیستی نبوده و اثرات سمی آنها در بدن موجودات زنده مزمن می باشد (۱). روشهای مختلفی جهت حذف فلزات سنگین از پسابهای صنعتی بکار رفته است که از آن جمله می توان به روشهای ترسیب شیمیایی، تعویض یون، جذب سطحی و اسمز معکوس اشاره نمود (۲، ۳، ۴). روش جذب سطحی با توجه به کارایی و کاربرد آسان یکی از پرکاربردترین روشها معرفی شده است (۵). در این روش فلزات سنگین در سطح منافذ جاذبهایی که در واقع ترکیبات غیر قابل حل در آب می باشند جذب سطحی می شوند. یکی از جاذب هایی که بسیار مورد استفاده قرار گرفته و برای جذب فلزات سنگین و جذب ترکیبات آلی بکار گرفته شده است. افزایش نگرانی در مورد مقدار آلودگی فلزات سنگینی مانند کادمیم، سرب، نیکل، کروم، مس، جیوه و آرسنیک در محیط آبی و منابع آب آشامیدنی وجود دارد، مشکل عمده به وجود فلزات سنگین در محیط و انباشتگی و تجمع این فلزات در زنجیره غذایی و پایداری در طبیعت نسبت داده می شود. بعضی فلزات سنگین مانند جیوه، سرب، کادمیم، نیکل و کروم حتی در مقدار کم هم سمی می باشند، وجود این عناصر سنگین در آب آشامیدنی باعث می شود که سلامتی جانداران زیستی به مخاطره بیفتد، اگرچه شکل های غیر آلی این فلزات سنگین سمی اند، اما شکل های آلی این فلزات سمی تر می باشند. بنابراین تصفیه و حذف آلودگی فلزات سنگین قبل از اینکه به منابع آبی تخلیه شوند لازم و ضروری می باشد.

آرسنیک موجود در آب زیر زمینی یا ماحصل فعالیت هایی است که در معادن صورت می گیرد و یا نتیجه گذر آب از منابع طبیعی است زیرا آرسنیک به صورت طبیعی در بسیاری از سنگ ها یافت می شود.

منابع آرسنیک آب زیرزمینی

آلودگی آب های زیر زمینی به آرسنیک هم در نتیجه تولید آب های شور عمیقی است که در اثر حفر چاه های نفت و گاز ایجاد شده است و هم ماحصل بعضی از فعالیت های صنعتی است که از میان آن ها می توان به تولید نیمه هادی ها اشاره نمود! علاوه بر این آرسنیک هم در مواد محافظ چوب به کار می رود و هم در موادی که به عنوان مکمل غذایی حیوانات مصرف می شوند. آرسنیک به عنوان محصولی جانبی در تولید آفت کش ها هم به تولید می رسد. آرسنیک موجود در آب آشامیدنی بی مزه و بی بو است.

اثرات تندرستی

آرسنیک مشکلات پوستی، خونی و عصبی ایجاد می کند. در حالی که پیشرفت دیابت را در نتیجه مصرف آرسنیک دانسته اند، مصرف طولانی مدت آرسنیک موجب سرطان پوست، مثانه، شش و پروستات می شود.

استاندارد آب آشامیدنی

آرسنیک دارای استاندارد اولیه است زیرا اگر آرسنیک از حداکثر مقدار مجاز بیشتر شود، سلامتی انسان ها را به مخاطره می افکند. در ۱۹۷۵ سازمان حفاظت از محیط زیست امریکا حداکثر غلظت مجاز آرسنیک را ۵۰ میکروگرم در لیتر اعلام نمود. بر پایه یافته های جدید تاثیر آرسنیک روی سلامتی EPA، در سال ۲۰۰۱ حداکثر مجاز آرسنیک را تا ۱۰ میکروگرم در لیتر یا ۰.۰۱ میلی گرم بر لیتر پایین برد.

روش حذف آرسنیک

آرسنیک معمولا در اشکال ۳ و ۵ ظرفیتی در آب وجود دارد. شکل ۵ ظرفیتی آرسنیک را آرسنات و شکل ۳ ظرفیتی آن را آرسنیت می گویند. اشکال آرسنیک به بار الکتریکی یون آرسنیک اشاره می کنند. آرسنات در آب های سطحی بیشتر دیده می شود در حالیکه آرسنیت در آب های زیر زمینی بیشتر وجود دارد. غالب آزمون های آب تفاوتی بین آرسنیت و آرسنات قائل نیستند و در گزارشات خود کل غلظت آرسنیک را بیان می کنند. به این ترتیب اینکه منبع آب برداشتی چه باشد بیانگر این است که غالبا کدام شکل از آرسنیک را در آب برداشتی بیشتر خواهیم داشت. شکل آرسنیک آب فوق العاده مهم است. آرسنیت روی سلامتی تاثیر بیشتری دارد و مشکل تر از آب حذف می شود. به خاطر حذف ساده تر آرسنات، آرسنیت را در ابتدا-در صورت وجود-تبدیل به آرسنات می کنند. این امر با اضافه کردن اکسیدکننده هایی

صورت می گیرد که آرسنیت را تبدیل به آرسنات می کنند. اکسیداسیون را میتوان توسط کلر، ازن یا فیلترهایی که حاوی ماسه سبز رنگ- greensand بوده و در ساختمانشان دی اکسید منگنز وجود دارد، انجام داد. تمامی فرآیندهای تصفیه زیر در صورت انجام اکسیداسیونی که آرسنیک را به شکل آرسنات در بیاورد، کارآمدتر خواهند بود.

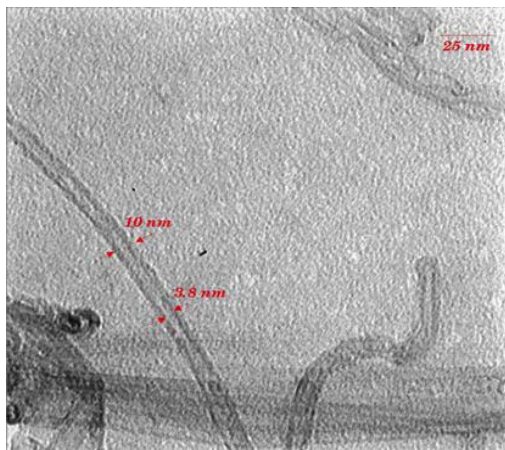
آرسنیک سومین عنصر گروه پنجم جدول تناوبی است. عدد اتمی آن ۳۳ و جرم اتمی آن ۷۴/۹۲ می باشد. این عنصر با ظرفیت های مختلف و نیز به صورت معدنی و آلی در طبیعت یافت می شود. میزان آرسنیک در پوسته ی زمین ۱/۸ میلی گرم در کیلوگرم بوده، معمولاً به صورت ترکیب با گوگرد و یا فلزاتی نظیر مس، کبالت، سرب، روی و غیره یافت می شود. از این عنصر در کشاورزی، دامداری، پزشکی، الکترونیک، صنعت و متالورژی استفاده می گردد (۱). آرسنیک از طریق حل شدن کانی ها و مواد معدنی، تخلیه ی پساب های صنعتی وارد منابع آب می گردد. آرسنیک یک ماده ی سمی، تجمع می و بازدارنده ی آنزیم های گروه SH است. نوع آلی آن از شکل معدنی آن بسیار سمی تر است. همچنین آرسنیک سه ظرفیتی (آرسنیت) Arsenite در اکثر اوقات سمی تر از نوع پنج ظرفیتی (آرسنات) Arsenate آن می باشد (۲ و ۱۹). آلودگی آرسنیک در آب، به خصوص آب های زیر زمینی، به دلیل سمیت و مخاطره آمیز بودن آن، به عنوان یک مشکل اساسی در جوامع مختلف مطرح است. در آب های طبیعی مقدار آن در حد ۱ تا ۲ میلی گرم در لیتر گزارش شده است (۳). مصرف طولانی مدت این عنصر سبب ایجاد سرطان می شود (۴). بر اساس تقسیم بندی سازمان بین المللی تحقیقات سرطان [International Association on Research Cancer] (IARC) ترکیبات غیر آلی آرسنیک در گروه ۱ (سرطان زا برای انسان) قرار دارند (۵). این عنصر به عنوان آلاینده ی مهم آب آشامیدنی به ویژه در نواحی آسیای جنوبی شناخته شده است. در این نواحی میلیون ها نفر در خطر ابتلا به بیماریهای مرتبط با آرسنیک می باشند ۶. حد مجاز آرسنیک را حدود ۵ تا ۱۰ میکروگرم در لیتر ذکر کرده است (۷ و ۵). رهنمود WHO برای آرسنیک ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر می باشد (۸ و ۱). در حالی که حداکثر مجاز تعیین شده در استاندارد ایران ۵ میکروگرم در لیتر است.

کربن نانو تیوب چند دیواره ای

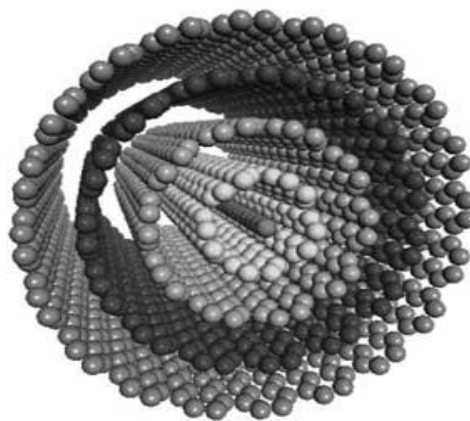
نانو لوله های کربنی ماکرو مولکول های خاصی هستند که پایداری گرمایی و شیمیایی بسیار بالایی دارند. از این نانو مواد برای حذف بسیاری از ترکیبات آلوده کننده آلی مانند دی اکسید نیتروژن و فلزات سنگین مانند آرسنیک می توان استفاده نمود. ظرفیت جذب بالای نانو لوله های کربنی در حذف آلاینده های آلی به علت ساختار منفذ مانند این نانو لوله ها و وجود مقادیر زیادی از گروه های عملکردی سطحی در آنها است. مکانیسم جذب آرسنیک توسط نانو لوله های کربنی عمدتاً ناشی از واکنش بینابینی گیرندگی الکترون و دهنده گی الکترون بین آرسنیک و گروه های کربوکسیلیک سطحی موجود بر روی نانو لوله های کربنی است. در چند سال اخیر انواع مختلفی از نانو لوله های کربنی تولید شده اند که می توانند برای حذف آلاینده ها از محیط زیست مورد استفاده قرار گیرند، ولی هنوز به طور قطعی مشخص نیست که کدام یک از این جاذبها عملکرد بهتری در حذف آلودگی مشخص از محیط زیست دارد. بنابراین در ابتدا باید مقایسه نانو لوله های کربنی در حذف این آلودگی ها از آب یا فاضلاب انجام شود.

خصوصیات نانو لوله کربنی مورد استفاده

میزان سطح	متوسط قطر منافذ نانو ذرات
(m ² /g)	نانو متر
۱۳۲.۴۲	۳۲.۲۱



تصویر TEM نانو لوله های کربنی چند دیواره



کربن نانو تیوب چند دیواره ای

مواد و روش ها

معمول ترین روش حذف فلزات سنگین روش ترسیب می باشد. مهم ترین دلیل معروفیت این روش سادگی آن است. اساس این روش، نامحلول بودن برخی از نمک های آنها در آب است. چنانچه آنیونی به محلول حاوی یک فلز سنگین اضافه شود که با فلز مربوط تشکیل یک نمک نامحلول در آب بنماید رسوبات حاصله به راحتی طی یک فرآیند ته نشینی و فیلتراسیون حذف می گردند. برای انجام این پژوهش از دستگاه جذب اتمی با سیستم کوره گرافیتی و داری سیستم حذف اثر زیمان و پس زمینه استفاده نموده ایم که قادر به اندازه گیری فلز آرسنیک تا ۲ میکرو گرم بر لیتر می باشد. در سیستم کوره گرافیتی نیز از اصلاح کننده نیترات منیزیم و نیترات پالادیوم استفاده نموده ایم. آب مقطر مورد استفاده دوبار تقطیر با هدایت الکتریکی ۱ میکرو زیمنس بوده است و برای تهیه غلظت نمک آرسنیک از محلول های تجاری با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر استفاده شده است. هر نمونه ۳ بار اندازه گیری شده و میانگین در نتایج گزارش شده است. کربن نانو تیوب از شرکت سیگما-آلدریج بصورت تجاری خریداری شده است. در این مطالعه ابتدا یک محلول آرسنیک با غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر تهیه نموده و به وسیله اسید سولفوریک و هیدروکسید سدیم مقدار ۵۰ میلی لیتر از محلول آرسنیک را برای pHهای ۲،۴،۶،۸،۱۰ آماده می کنیم. که ۵۰ میلی لیتر از هر کدام از محلول های فوق را برداشته و به میزان ۰.۵ گرم از کربن نانو تیوبرا وزن کرده و به آن اضافه نمود و بر روی دستگاه همزن با دور متغیر و به مدت زمان ۱۵ دقیقه قرار دادیم. سپس نمونه ها را به وسیله قیف بوخنر جدا کرده و با دستگاه جذب اتمی مدل perkin Elmer AA900 که از قبل بوسیله محلول های استاندارد منحنی کالیبراسیون آن را رسم کرده بودیم. میزان جذب را اندازه گیری می کنیم همین فرایند را برای محلول های بالاتر تکرار می کنیم ولی در این مرحله به جای ۰.۵ گرم کربن نانو تیوب از یک گرم استفاده می کنیم. در مرحله بعد تمامی مراحل را این بار با زمان اختلاط ۳۰ دقیقه برای هر کدام از غلظت های ۰.۵ و ۱ گرم تکرار می کنیم که نتایج بصورت جدول گزارش شده است.

نتایج:

در طی این مطالعه نتایج حاصل از آنالیز نمونه آب به وسیله کربن نانو تیوب چند دیواره ای به وسیله دستگاه جذب اتمی بصورت جدول زیر بدست آمده است.

جدول محلول آرسنیک در PHهای مختلف با مقدار 0.5 گرم کربن نانو تیوب با زمان 15 دقیقه

در صد حذف	میزان عنصر بعد جذب با پلیمر بر حسب PPM	زمان اختلاط	همزن RPM	وزن پلیمر	PH	غلظت اولیه آرسنیک As	ر دیف
66 %	3.3	15m in	300	0.5	2	10	۱
55 %	4.5	15m in	300	0.5	6	10	۲
37 %	6.3	15m in	300	0.5	8	10	۳
30 %	7	15m in	300	0.5	12	10	۴

جدول محلول آرسنیک در PHهای مختلف با مقدار 0.5 گرم کربن نانوتیوب با زمان 30 دقیقه

در صد حذف	میزان عنصر بعد جذب با پلیمر برحسب PPM	زمان اختلاط	همزن RPM	وزن پلیمر	PH	غلظت اولیه آرسنیک As	ر دیف
71 %	2.9	30min	300	0.5	2	10	۱
59 %	4.1	30min	300	0.5	6	10	۲
42 %	5.8	30min	300	0.5	8	10	۳
37 %	6.3	30min	300	0.5	12	10	۴

جدول محلول آرسنیک در PHهای مختلف با مقدار 1 گرم کربن نانوتیوب با زمان 15 دقیقه

در صد حذف	میزان عنصر بعد جذب با پلیمر برحسب PPM	زمان اختلاط	همزن RPM	وزن پلیمر	PH	غلظت اولیه آرسنیک As	ر دیف
80 %	2	15min	300	1	2	10	۱
65 %	3.5	15min	300	1	6	10	۲
57 %	4.3	15min	300	1	8	10	۳
39 %	6.1	15min	300	1	12	10	۴

جدول محلول آرسنیک در PHهای مختلف با مقدار 1 گرم کربن نانوتیوب با زمان 30 دقیقه

در صد حذف	میزان عنصر بعد جذب با پلیمر برحسب PPM	زمان اختلاط	همزن RPM	وزن پلیمر	PH	غلظت اولیه آرسنیک As	ر دیف
84 %	1.6	30min	300	1	2	10	۱
70 %	3	30min	300	1	6	10	۲
66 %	3.4	30min	300	1	8	10	۳
43 %	5.7	30min	300	1	12	10	۴

بحث و نتیجه گیری:

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که استفاده از کربن نانو تیوب چند دیواره ای برای جداسازی فلز سنگین آرسنیک به میزان قابل توجهی مثر واقع شد. که بیشترین بازده در محدوده های اسیدی حاصل شده است بطوریکه هرچه به سمت محیط های اسیدی نزدیکتر باشیم میزان جذب آرسنیک افزایش یافته و با رفتن به سمت محیط های بازی میزان جذب آرسنیک نسبت به محیط های اسیدی کاهش یافته است. همچنین زمان مجاورت کربن نانو تیوب چند دیواره ای در معرض آرسنیک نیز بسیار تاثیر گذار می باشد که با توجه به آزمایش های صورت گرفته می توان مشاهده نمود که با افزایش میزان زمان مجاورت بین کربن نانو تیوب و آرسنیک میزان جذب فلز آرسنیک بروی کربن نانو تیوب افزایش یافته و در نتیجه مقدار آرسنیک موجود در محلول کاهش یافته است. البته کربن نانو تیوب در جذب فلز آرسنیک

عملکرد خوبی داشته و این نشان میدهد که می توان از این نانو ذرات برای جداسازی این فلز استفاده کرد. ولی نکته قبل توجه برای استفاده از این نانو ذرات این است که استفاده بیش از حد از باعث آلودگی آب می شود یعنی اگر مقدار کربن نانو تیوب بیشتری مصرف کنیم مقدار بیشتری آرسنیک را جذب می کند ولی در عوض امکان آلودگی بیشتری دارد. پس باید دقت کرد که به میزان مناسب از آن استفاده کرد. که در کنار باز دهی خوب آلودگی کمتری برجا بماند. که بیشترین میزان جذب آرسنیک توسط کربن نانو تیوب چند دیواره ای در PH=2 و مقدار یک گرم از کربن نانو تیوب در مدت زمان ۳۰ دقیقه و ۸۴٪ درصد از آرسنیک جذب شده است.

منابع و مراجع

- 1-cullen WR, Reimer, KJ(1998). Arsenic speciation in the environment. journal of Chemical Reviews;89(4):713-64.
- 2-Mazumder DG, Mandal B, Chowdhury T, Samanta G, Basu G, Chowdhury(1999) P, et al. Chronic arsenic toxicity in West Bengal. Curr Sci.;72(1):114-7.
- 3-Saeedi M, Karbasi, AA., Bidhendi, GR., Mehrdadi, N.(2006), The effect of human activities on the accumulation of heavy metals in river water Tajan in pronince Mazandaran. journal of Mazandaran University of Medical Sciences.;32(40):41-50.
- 4-Eisler R.(2000) Handbook of chemical risk assessment. Boca Raton, FL: Lewis Publishers;
- 5-Smedley P, Kinniburgh D.(2002) A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. Applied geochemistry.;17(5):517-68.
- 6-Bissen M, Frimmel, F. H.(2003) Arsenic — a Review. Part II: Oxidation of Arsenic and its Removal in Water Treatment. Acta hydrochimica et hydrobiologica.;31(2):97-107.
- 7-Liu B, Pan S, Dong X, Qiao H, Jiang H, Krissansen GW(2006), et al. Opposing effects of arsenic trioxide on hepatocellular carcinomas in mice. Cancer science.;97(7):675-81.
- 8-Iran. IoSaIRo. Drinking water -Physical and chemical specifications(2010); Available from: <http://www.isiri.org/std/1053.pdf/>
- 9-Guidelines for Drinking-Water Quality.(2011) 3 ed: World Health Organization;
- 10-Flanagan SV, Johnston RB, Zheng Y(2012). Arsenic in tube well water in Bangladesh: health and economic impacts and implications for arsenic mitigation. Bulletin of the World Health Organization.;90(11):839-46.
- 11-Twarakavi NKC, Kaluarachchi, J. J.(2006) Arsenic in the shallow ground waters of conterminous United States: assessment, health risks, and costs for MCL compliance. Journal of American Water Resources Association.; 42(2):275-94.

12-Ferguson MA, Fernandez- Diago P, Hering JG.(2007) Lowering the detection limit for arsenic: Implications for a future practical quantitation limit. Journal American Water Works Association).;99(8):92-8.

13-Smedley P, Kinniburgh D, Macdonald D, Nicolli H, Barros A, Tullio J(2005), et al. Arsenic associations in sediments from the loess aquifer of La Pampa, Argentina. Applied geochemistry.;20(5):989-1016.

14-Rajaei Q, Jahantigh H, Mir A, Hesari Motlagh S, Hasanpour M.(2012) Evaluation of Concentration of Heavy Metals in Chahnimeh Water Reservoirs of Sistan-va-Baloochestan Province in. J Mazandaran Univ Med Sci.;22(90):105-12.

15-Mesdaghinia AR, Mosaferi M, Yunesian M, Nasserli S, Mahvi AH.(2005) Measurement of arsenic concentration in drinking water of a polluted area using a field and SDDC methods accompanied by assessment of precision and accuracy of each method. Hakim.; 8(1): 43-51.

16-Hosseinpour Feizi M, Mosaferi M, Dastgiri S, Zolali S, Pouladi N, Azarfam(2008) P. Contamination of Drinking Water with Arsenic and its Various Health Effects in the Village of Ghopuz. Iranian Journal of Epidemiology.;3(3):21-7.

17-Hatamimanesh M, Mirzayi M, Bandegani M, Sadeghi M, Sabet FN(2014). Determination of mercury, lead, arsenic, cadmium and chromium in salt and water of Maharloo Lake, Iran, in different seasons. J Mazandaran Univ Med Sci.;23(108):91-8.

18-Sobhanardakani S, Talebani S, Maanijou M.(2014) Evaluation of As, Zn, Pb and Cu Concentrations in Groundwater Resources of Toyserkan Plain and Preparing the Zoning Map Using GIS. J Mazandaran Univ Med Sci.;24(114):120-30.

19-Choong TS, Chuah T, Robiah Y, Koay FG, Azni(2007) I. Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview. Desalination.;217(1):139-66.

20-Fu F, Wang Q.(2011) Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. Journal of environmental management;92(3):407-18.

21-Chuang C, Fan M, Xu M, Brown R, Sung S, Saha B(2005), et al. Adsorption of arsenic (V) by activated carbon prepared from oat hulls. Chemosphere.;61(4):478-83.

22-Seyed Mohammadi A, Asgari G, Dargahi A, Mobarakian SA.(2015) Equilibrium and Synthetic Equations for Index Removal of Methylene Blue Using Activated Carbon from Oak Fruit Bark. J Mazandaran Univ Med Sci.

23-Maleki A, Eslami(2011) A. Isotherm and Kinetics of Arsenic (V) Adsorption from Aqueous Solution Using Modified Wheat Straw. Iranian Journal of Health and Environment.;3(4):439-50.

24-Tan I, Ahmad AL, Hameed B. Adsorption(2008) of basic dye on high-surface-area activated carbon prepared from coconut husk: Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. Journal of Hazardous Materials.;154(1):337-46.

25-Asgari AR, Mahvi A, Vaezi F, Khalili F(2008),. Study of the Efficiency of Arsenic Removal from Drinking Water by Granular Ferric Hydroxide (GFH) Journal of Qom University of Medical Sciences.;2(1):53-63.