

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده فنی و مهندسی ، گروه مهندسی شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد « M.Sc. »

گرایش: مهندسی شیمی « محیط زیست »

عنوان :

بررسی تجربی افزودن نانوذرات اکسید آهن به جاذب های گیاهی

برای حذف یون های کروم از آب

استاد راهنما :

دکتر صاحبعلی منافی

استاد مشاور :

دکتر پرویز درویشی

نگارش :

هادی عطائی نیا

پانیز ۱۳۹۲



ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Shahrood Branch

Faculty of Engineering-Department of Chemical Engineering

((M.Sc)) Thesis

On Environment

Subject:

Experimental assessment of iron oxide Nano particles addition to vegetative absorbent for elimination of chromium ions from water

Thesis Advisor:

Sahebali Manafi Ph.D.

Consulting Advisor:

Parviz Darvishi Ph.D.

By:

Hadi Ataeiniya

Fall 2013



دانشگاه آزاد اسلامی

بسمه تعالی

تعهدنامه اصالت رساله پایان نامه

اینجانب **هادی عطائی نیا** دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد، رشته مهندسی شیمی گرایش مهندسی محیط زیست که در تاریخ ۱۳۹۲/۰۷/۱۰ از پایان نامه خود تحت عنوان **بررسی تجربی افزودن نانوذرات اکسید آهن به جاذب های گیاهی برای حذف یون های کروم از آب با کسب نمره ۱۸ و درجه بسیار خوب دفاع نموده ام بدین وسیله متعهد می شوم :**

۱) این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش از دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و ...) استفاده نموده ام مطابق ضوابط و رویه موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست مربوطه ذکر و درج کرده ام.

۲) این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح پایین تر و بالاتر) در سایر دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳) چنانچه بعد از فراغت تحصیل قصد استفاده و هر گونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

۴) چنانچه در هر مقطع زمانی موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را می پذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچ گونه ادعایی نخواهم داشت.

هادی عطائی نیا

سپاسگزاری

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و مورد بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان و امدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ" :

از پدر و مادر عزیزم، این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درشتی من قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یابوری بی چشم داشت برای من بوده اند؛

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر صاحبعلی منافی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛

از استاد صبور و با تقوا، جناب آقای دکتر پرویز درویشی که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛

و از استاد فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر سعید شیر چی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم
باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

تقدیم به

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم .
والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چراکه این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.

آموزگارانی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان....
به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است
به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم .

فهرست مطالب

صفحه	عناوین
۱	چکیده
۲	مقدمه
فصل اول : مروری بر منابع مطالعاتی	
۵	۱-۱) ضرورت تصفیه آب آشامیدنی
۵	۲-۱) آب آشامیدنی و استانداردهای مرتبط با آن
۷	۳-۱) نانوذرات و کاربردهای آنها
۹	۴-۱) استفاده از نانوذرات برای حذف فلزات سنگین از آب
۱۱	۵-۱) نانوذرات اکسید آهن
۱۳	۷-۱) استفاده از جاذب‌های زیستی برای حذف فلزات سنگین از آب
۱۵	۸-۱) مراحل کلی در حذف مواد آلوده کننده از آب بوسیله جاذب‌های زیستی
۱۵	۱-۸-۱) انتخاب توده زیستی
۱۵	۲-۸-۱) پیش پالایش توده زیستی
۱۹	۳-۸-۱) تثبیت توده‌های زیستی
۲۱	۴-۸-۱) گرانول بندی
۲۲	۵-۸-۱) گرانول‌ها در محلول قرار داده می‌شوند
۲۲	۶-۸-۱) دفع فلزات سنگین، باز استفاده از جاذب بیولوژیکی و فلزات سنگین جذب شده توسط آنها
۲۳	۹-۱) بهینه کردن پارامترهای تاثیر گذار در میزان حذف

- ۲۸ ----- (۱۰-۱) تعریف فلزات سنگین، کاربردها تاثیرات و انواع آنها
- ۳۱ ----- (۱۱-۱) خواص، کاربردها و تاثیرات کروم
- ۳۲ ----- (۱۲-۱) اهمیت جداسازی فلزات سنگین از آب
- ۳۳ ----- (۱۳-۱) بررسی روش‌های حذف فلزات سنگین
- ۳۳ ----- (۱-۱۳-۱) روش جذب
- ۳۵ ----- (۲-۱۳-۱) روش ترسیب شیمیائی
- ۳۵ ----- (۳-۱۳-۱) روش تبادل یونی
- ۳۷ ----- (۴-۱۳-۱) تکنولوژی غشائی
- ۳۸ ----- (۵-۱۳-۱) تصفیه الکتروشیمیائی

فصل دوم: روش انجام آزمایش‌ها

- ۴۰ ----- (۱-۲) مواد تشکیل دهنده جاذب
- ۴۰ ----- (۲-۲) روش تولید نانوذرات اکسید آهن
- ۴۴ ----- (۴-۲) روش محلول سازی
- ۴۵ ----- (۵-۲) انجام آزمایش‌ها
- ۴۵ ----- (۱-۵-۲) مرحله بهینه کردن زمان حذف
- ۴۵ ----- (۲-۵-۲) مرحله استفاده از انواع پیش پالایش برای حذف
- ۴۶ ----- (۴-۵-۲) مرحله افزودن پودر جلبک سبز به پودر برگ درخت چنار
- ۴۶ ----- (۴-۵-۲) مرحله افزودن نانوذرات اکسید آهن به مخلوط پودر جلبک سبز و پودر برگ درخت چنار
- ۴۷ ----- (۳-۵-۲) مرحله افزودن نانوذرات اکسید آهن به پودر برگ درخت چنار

فصل سوم: نتایج و بحث

- ۴۹ ----- (۱-۳) نتایج حاصل از مرحله بهینه کردن زمان
- ۵۰ ----- (۲-۳) بحث و نتیجه‌گیری در مورد نتایج حاصل از مرحله بهینه کردن زمان

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- ۶۲ ----- (۱-۴) نتیجه‌گیری

۶۴ ----- پیشنهادات (۲-۴)

منابع

۶۸ ----- منابع فارسی

۷۷ ----- منابع غیر فارسی

۷۹ ----- چکیده انگلیسی

فهرست اشکال

عناوین	صفحه
شکل (۱-۱). تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح میکروارگانیزم ساکارومایسس سرویسیه قبل از پیش پالایش الکلی	۱۶
شکل (۲-۱). تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح میکروارگانیزم ساکارومایسس سرویسیه بعد از پیش پالایش الکلی	۱۷
شکل ۳-۱: تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح قارچ اسپرجیلوس نیگر قبل از پیش پالایش بازی	۱۸
شکل ۴-۱: تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح قارچ اسپرجیلوس نیگر بعد از پیش پالایش بازی	۱۸
شکل ۵-۱: میزان جذب یون‌های کادمیوم بر حسب زمان تماس با غلظت‌های متفاوت بیومس، pH معادل ۵ و غلظت کادمیوم برابر ۱۹ میلی گرم در لیتر	۲۴
شکل ۶-۱: میزان جذب یون‌های کادمیوم بر حسب زمان تماس در pH متفاوت و غلظت ثابت کادمیوم ۱۹ میلی گرم در لیتر و غلظت بیومس ثابت ۳/۸ گرم در لیتر	۲۴
شکل ۷-۱: میزان جذب یون‌های کادمیوم بر حسب زمان تماس با غلظت‌های متفاوت کادمیوم، pH معادل ۵ و غلظت بیومس معادل ۳/۸ گرم در لیتر	۲۵
شکل ۸-۱: تغییرات q در اثر تغییر مقدار بیومس ساکارومایسس سرویسیه	۲۶
شکل ۹-۱: تغییرات q در اثر تغییر مقدار pH محلول	۲۶

- شکل ۱-۱۰: تغییرات مقدار q در اثر تغییر غلظت فلز کادمیوم-----
۲۷
- شکل ۱-۲: تصاویر TEM از نانوذرات مگ‌همایت مورد استفاده -----
۴۱
- شکل ۲-۲: نمودار توزیع دانه‌بندی نانوذرات مگ‌همایت مورد استفاده -----
۴۱
- شکل ۲-۳: نتایج آنالیز FTIR پودر تولید شد ----- ۴۲
- شکل ۲-۴: تصویر برگ‌های پودر شده چنار. ----- ۴۲
- شکل (۲-۵): تصویر جلبک مورد استفاده در آزمایش ----- ۴۳
- شکل (۲-۶): جاذب جلبکی خشک و خرد شده ----- ۴۳
- شکل ۳-۱: نتایج مرحله آزمایش‌های اولیه ----- ۵۰
- شکل ۳-۲: نتایج بهینه کردن زمان حذف در پژوهش اسدی و همکاران ----- ۵۰
- شکل ۳-۳: نتایج مرحله بهینه کردن زمان در کار شکرانی و همکاران. ----- ۵۱
- شکل ۳-۴: نتایج مرحله بهینه کردن زمان در پژوهش دباغ و همکاران ----- ۵۲

فهرست جداول

صفحه	عناوین
۶	جدول ۱-۱: تاریخچه‌ای از روند تدوین استانداردهای آب آشامیدنی -----
۸	جدول ۲-۱: مثال‌هایی از کاربردهای نانومواد در صنایع مختلف -----
۱۱	جدول ۳-۱: فرآیندهای که در آنها از نانومواد برای حذف مواد آلاینده مختلف استفاده می‌شود. -----
۱۴	جدول ۴-۱: مثال‌هایی از جاذب‌های زیستی متفاوت بکار گرفته شده برای حذف فلزات سنگین از آب -----
۳۱	جدول ۵-۱: مثال‌هایی از کاربرد فلزات سنگین در برخی صنایع مهم -----
۳۲	جدول (۶-۱): غلظت‌های مجاز فلزات سنگین مختلف در محیط‌های مختلف -----
۳۲	جدول (۷-۱): غلظت‌های مجاز کروم به ترتیب در EPA، WHO -----
۳۴	جدول ۸-۱: مجموعه‌ای از روش‌های متفاوت بکار گرفته شده برای حذف فلزات سنگین -----
۴۴	جدول ۱-۲: مشخصات دی کرومات پتاسیم. -----
۴۹	جدول ۱-۳: نتایج غلظت نمونه‌های مورد بررسی با دستگاه ICP در مرحله بهینه کردن زمان. -----
۵۴	جدول ۲-۳: سرعت متوسط حذف فلز کروم در هر بازه زمانی -----
۵۵	جدول ۳-۳: مقایسه حداکثر مقدار R روش‌های مختلف حذف کروم. -----
۵۷	جدول ۴-۳: نتایج درصد حذف فلز کروم در مراحل پیش پالایش بازی، اسیدی و الکلی -----
۵۸	جدول ۵-۳: نتایج درصد حذف فلز با افزودن جاذب جلبکی به جاذب زیستی -----
۵۹	جدول ۶-۳: نتایج درصد حذف کروم توسط نتایج مخلوط جلبک و نانوذرات اکسید آهن با پودر برگ -----
۶۰	جدول ۷-۳: نتایج درصد حذف حاصل از مرحله افزودن نانوذرات اکسید آهن به پودر برگ -----

چکیده

امروزه استفاده از جاذب‌های تولید شده بر پایه تکنولوژی نانو برای تصفیه آب‌های آلوده شده توسط مواد مختلف آلوده کننده از قبیل فلزات سنگین در حال گسترش می‌باشد. دلیل این امر نیز مزایای فراوان این روش می‌باشد. همچنین جاذب‌های زیستی دارای پتانسیل‌ها و مزایای بسیار زیادی برای استفاده در حذف فلزات سنگین از محیط‌های آبی هستند. بنابراین در این پژوهش این دو روش برای حذف فلز سنگین کروم از آب استفاده شدند. مرحله اول از پژوهش برای بدست آوردن زمان بهینه برای حذف فلز از آب بود، برای این هدف در زمان‌های مختلف و یک روز از محلول حاوی جاذب و فلز سنگین نمونه برداری شد نتایج این مرحله نشان داد که بهترین زمان یک روز است (میزان جذب ۹۸/۲). پس از این کار تاثیر انواع پیش پالایش جاذب بر درصد حذف فلز کروم از آب مورد بررسی قرار گرفت، در این مرحله از سه روش پیش پالایش اسیدی، بازی و الکلی استفاده شد. محلول‌های مورد استفاده در این مرحله برای انواع پیش پالایش شامل محلول اسید سولفوریک ۰/۱ مولار برای پیش پالایش اسیدی، محلول سود سوزآور ۰/۱۲۵ مولار برای پیش پالایش بازی و اتانول ۷۰ درصد صنعتی برای پیش پالایش الکلی بودند. برای پیش پالایش ۲ گرم جاذب برگ چنار مورد استفاده بمدت یک روز در ۵ میلی لیتر از انواع محلول‌ها قرار داده شد سپس جاذب بوسیله فیلتر پارچه‌ای از محلول‌های مورد استفاده جدا شد و بمدت یک روز در محیط خشک و بعد از آن در زمان بهینه که از مرحله قبل یک روز بدست آمده بود مورد استفاده قرار گرفت نتایج این مرحله نشان دهنده غیر اقتصادی بودن پیش پالایش در مقایسه با مرحله اول است (میزان جذب ۸۶/۸۸). در گام بعد از مخلوط ۲ گرم جاذب پودر جلبک سبز رشته‌ای و ۲ گرم جاذب پودر برگ چنار برای حذف کروم استفاده شد (میزان جذب ۸۴/۵). سپس مخلوط جاذب‌های زیستی با ۰/۲ گرم نانوذرات اکسید آهن برای حذف استفاده گردید (میزان جذب ۸۸/۱). و نهایتاً تاثیر افزودن نانوذرات اکسید آهن بر توان جاذب پودر برگ چنار برای حذف فلز کروم از آب مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله مقدار ۰/۲ گرم از نانوذرات اکسید آهن به مقدار ۲ گرم از جاذب پودر برگ چنار افزوده شد و به محلول حاوی فلز کروم اضافه شد و بعد از یک روز نتایج کار مورد بررسی قرار گرفت (میزان جذب ۹۹/۷). برای اندازه گیری غلظت فلز کروم موجود در محلول از دستگاه ICP ساخت استرالیا استفاده شد.

واژگان کلیدی : حذف، نانوذرات اکسید آهن، جاذب‌های گیاهی، کروم، آب.

با توجه به مسائلی همچون خشکسالی‌های پی در پی، آلوده شدن منابع آبی توسط منابع آلوده کننده گوناگون و پاره‌ای از دیگر موارد امروزه مسئله تامین آب شیرین سالم و قابل شرب به یکی از مهمترین مشکلات جهانی تبدیل شده است و پیش بینی می‌شود تا چند سال آینده مسئله تامین آب شیرین سالم به یکی از مهمترین دغدغه‌های جامعه بشری تبدیل شود، پس با توجه به این موارد ذکر شده تصفیه آب‌های آلوده اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است، اما برای تصفیه منابع آبی باید سعی شود تا از میان مواد مورد استفاده جهت تصفیه و روش‌های مختلف تصفیه آب مانند: الکترو دیالیز، تبادل یونی، اسمز معکوس، دینتریفیکاسیون بیولوژیکی و... بهترین ماده و روش که بیشترین مزایا و کمترین معایب را جهت استفاده برای این منظور دارد را انتخاب کرد، زیرا هر ماده جاذب و روش حذف فلز سنگین دارای مزایا و معایب خاص خود است که استفاده از آنها را دچار محدودیت‌های خاص خود می‌کند برای مثال ممکن است روش مورد استفاده برای حذف فلز سنگین روش گران قیمتی باشد که موجب غیره اقتصادی شدن آن برای استفاده در حذف باشد از سوی دیگر ممکن است در مواردی برای استفاده از روش حذف نیاز به تجهیزات و تکنولوژی‌های با سطح بالا باشد که در استفاده از آنها محدودیت‌هایی وجود داشته باشد مثلاً ممکن است این تکنولوژی‌ها در دسترس نباشند یا استفاده از آنها از نظر اقتصادی به صرفه نباشد همچنین ممکن است ماده مورد استفاده برای حذف فلز از آب به مقدار مورد نیاز در دسترس نباشد و نتوان از آن در سطح وسیعی برای تصفیه فاضلاب‌های صنعتی استفاده کرد. استفاده از نانوذرات گوناگون برای تصفیه پساب‌های آلوده شده به انواع مواد آلاینده امروزه بعنوان یکی از جاذب‌های با کارایی بسیار بالا در حال توسعه بسیار سریعی می‌باشد که در این پژوهش به آن پرداخته شده است. این دسته از مواد دارای مزایای بسیار زیادی هستند از جمله فوائد استفاده از این مواد سطح ویژه بسیار زیادی است که این مواد دارند، در مقایسه با دیگر جاذب‌هایی که برای تصفیه پساب‌ها استفاده می‌شوند، پس در نتیجه دارا بودن این ویژگی یعنی دارا بودن سطح ویژه زیاد باعث می‌شود که این مواد به ازاء اشغال یک حجم کم مقدار سطح در دسترس زیادی در اختیار مصرف کننده قرار دهند که این امر معادل حذف بیشتر فلز در مقابل مصرف مقدار کمتری از جاذب است. علاوه بر این موارد نانوذرات اکسید آهن دارای مزایای بیشتری نیز می‌باشند از جمله مزایای بسیار مهم این نانوذرات قیمت تمام شده پائین آنها در مقایسه با بسیاری از دیگر نانوذرات می‌باشد یکی دیگر از مزایای بسیار مهم این نانوذرات در ا بودن خاصیت مغناطیسی این نوع نانوذرات است این

خاصیت موجب امکان استفاده راحت تر از این نوع نانوذرات در مقایسه با دیگر نانوذرات برای اهداف مختلف مثل حذف فلزات سنگین است از دیگر سو نانوذرات اکسید آهن دارای آثار سوء خاصی بر سلامت انسان نیستند، این عوامل موجب ایجاد امکان بالقوه استفاده از این مواد برای حذف مواد آلوده کننده مختلف از آب می شود. جاذب های زیستی تولید شده از مواد موجود در طبیعت نیز دارای مزایای بسیار متعددی می باشند از جمله این مزایا می توان به مواردی همچون ارزان قیمت بودن این جاذب ها در مقایسه با جاذب های غیره طبیعی اشاره کرد همچنین این دسته از جاذب ها به دلیل دارا بودن مواد شیمیائی گوناگون در ساختار خود دارای گروه های عاملی مختلفی می باشند که باعث می شود بتوانند آن واحد چندین فلز را حذف کنند.

امید است نتایج حاصل از این پژوهش بتواند در زمینه تصفیه آب آشامیدنی و بالا رفتن سطح کیفی آن ، راهگشای تحقیقات بیشتری در آینده باشد.

فصل اول

مروری بر منابع مطالعاتی

۱-۱) ضرورت تصفیه آب آشامیدنی

آب به عنوان ترکیبی که سه چهارم از کل سطح زمین را پوشانیده از عوامل ضروری برای ادامه حیات محسوب می شود و پایداری اکوسیستم های مختلف زمین ارتباط بسیار تنگاتنگی با این ماده دارد. اما قسمت اعظم این آب ها، آب های شور هستند که در دریاها و اقیانوس ها ذخیره شده اند و برای انسان و دیگر موجودات غیره قابل آشامیدن می باشند و تنها درصد اندکی از آب های موجود در زمین آب های شیرین هستند، البته باید توجه کرد که تمام این آب های شیرین نیز قابل استفاده برای موجودات نمی باشند زیرا بخشی از این آب ها در زیر زمین و دور از دسترس انسان و بسیاری از دیگر موجودات زنده قرار دارند همچنین از سوی دیگر بخشی از آب های شیرین در دسترس نیز توسط منابع مختلف آلوده کننده آب، آلوده شده اند و مصرف آنها باعث ایجاد انواع بیماری در موجودات زنده می شود پس مسئله تامین آب شیرین سالم و تصفیه آب های آلوده شده امروزه اهمیت بسیار زیادی پیدا کرده است.

۱-۲) آب آشامیدنی و استانداردهای مرتبط با آن

تأمین آب سالم و بهداشتی از نظر میکروبی، فیزیکی و شیمیایی امروزه به عنوان یکی از مهمترین چالش های انسان در جوامع خصوصاً در جوامع در حال توسعه مطرح می باشد، آب آشامیدنی آبی است که پس از رسیدن به دست مصرف کننده بتواند آنرا بدون ایجاد اثرات سوء مورد استفاده برای آشامیدن، پخت و پز و شست و شو قرار دهد. پس برای دست یابی به آب سالم قابل شرب لازم است که آب از هر نوع ارگانیزم دارای قابلیت ایجاد بیماری و هر نوع ماده دیگر که دارای امکان ایجاد آثار سوء برای مصرف کنندگان آب است اعم از مواد آلی و غیره آلی عاری باشد [۱]. از زمان های گذشته تا کنون برای آب آشامیدنی استانداردهای

مختلفی وجود داشته که خواص و ویژگی‌های مختلف آب شرب سالم را تشریح می‌کنند در جدول ۱-۱ تاریخچه‌ای از روند تدوین استانداردهای آب آشامیدنی به شکل خلاصه آورده شده است.

جدول ۱-۱: تاریخچه‌ای از روند تدوین استانداردهای آب آشامیدنی [۱].

سال	استانداردهای وضع شده و اصلاحات به عمل آمده
۱۹۱۴	معرفی واژه حداکثر مجاز آلاینده به عنوان حد ایمنی، تصویب حد اکثر مجاز ۲ کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر برای کیفیت باکتریایی آب
۱۹۲۵	۱- تقلیل در حد اکثر مجاز باکتری در آب به ۱ کلیفرم در ۱۰۰ میلی لیتر ۲- وضع استاندارد برای برخی از اجزاء فیزیکی و شیمیایی آب از قبیل سرب، مس، روی و مواد معدنی محلول
۱۹۴۲	۱- تجدید نظر کلی در استانداردهای ۱۹۲۵ ۲- لزوم نمونه برداری از چند نقطه سیستم توزیع برای آزمایش میکروبی ۳- تعیین حداقلی برای آزمایش میکروبی در ماه ۴- امکان بازدید بازرسی از آزمایشگاه‌های آب در ماه ۵- تعیین حداکثر مجاز برای سرب، سلنیوم، آرسنیک و فلوراید ۶- غیره مجاز اعلام کردن وجود نمک‌ها، باریم، کروم شش ظرفیتی و فلزات سنگین ۷- لزوم عدم تجاوز غلظت مس، آهن، منیزیم، ترکیبات فنلیک، جامدات کل و کلیانیت از حداکثر مجاز اعلام شده برای آنها در صورت وجود منابع سالم برای آنها.
۱۹۴۶	۱- تکمیل استاندارد سال ۱۹۴۲ ۲- مجاز اعلام کردن روش فیلتراسیون غشائی برای آزمایش باکتریایی آب
۱۹۶۲	۱- تعیین حداکثر مجاز برای الکیل بنزن سولفونات‌ها، باریم، کادمیوم، سیانید، نیترات، نقره و بررسی برای استاندارد مواد رادیو اکتیو
۱۹۷۴	۱- تصویب آب آشامیدنی سالم
۱۹۷۵	۱- تدوین استاندارد موقت
۱۹۷۹	۱- تدوین استاندارد ثانویه و تجدید نظر در استانداردهای موقت سال ۱۹۷۵
۱۹۸۶	۱- تجدید نظر کلی در قانون آب آشامیدنی سالم (موسوم به اصلاحیه سال ۱۹۸۶) شامل لزوم اجرای مقررات اولیه آب آشامیدنی در مورد سیستم‌های آب رسانی که حداقل ۲۵ نفر را آبرسانی

ادامه جدول ۱-۱ [۱].

سال	استانداردهای وضع شده و اصلاحات به عمل آمده
۱۹۸۶	<p>۲- تعیین آلاینده‌هایی که به نوعی اثر سوء بر انسان دارند</p> <p>۳- مشخص نمودن حداکثر مجاز برای آلاینده و روش تصفیه برای آلاینده‌هایی که به دلیل مشکلات فنی در حال حاضر امکان تشخیص غلظت آنها وجود ندارد</p> <p>۴- تعریف مجدد واژه‌های حداکثر مجاز و حداکثر مطلوب</p> <p>۵- لزوم وضع استاندارد و پایش مستمر برای ۸۳ آلاینده آب آشامیدنی</p> <p>۶- معرفی کربن فعال به عنوان روشی برای حذف مواد آلی سنتتیک و لزوم مقایسه اثر و کارایی هر روش یا تکنولوژی پیشنهادی دیگر با آن.</p>

۳-۱) نانوذرات و کاربردهای آنها

نانو از کلمه‌ای یونانی به معنای چیزی کوچکتر از حد طبیعی گرفته شده است [۲]. نانوذرات یکی از دسته‌های مهم نانومواد هستند. از تجمع چند ده یا چند صد اتم در کنار یکدیگر یک خوشه نانومتری تشکیل می‌شود و از به هم پیوستن چند خوشه نانومتری نانوذرات تشکیل می‌شوند، بیشتر محققین نانوذرات را ذراتی با اندازه ۱۰۰-۱ نانومتر در نظر می‌گیرند [۳]. این مواد دارای کاربردهای وسیع و متنوعی می‌باشند و امروزه در جهان کمتر صنعتی است که حداقل در یک قسمت از آن نانوذرات مختلف استفاده نشده باشد در جدول ۱-۲ تعداد بسیار محدودی از کاربردهای مواد نانو در صنایع مختلف آورده شده است.

جدول ۱-۲: مثال‌هایی از کاربردهای نانومواد در صنایع مختلف

منبع	هدف از کاربرد ماده نانو	صنعت	نام ماده نانو استفاده شده
[۴]	افزایش خاصیت کششی پلیمر	پلیمر	کربنات کلسیم
[۵]	دیر سوز شونده‌تر	پلیمر	رس
[۶]	تاثیر بهتر و بیشتر	تولید غذای دامی	نقره
[۷]	تولید رنگ ضد میکروبی	تولید رنگ	نقره
[۸ و ۹]	تولید بیشتر و بهتر	تولید محصولات کشاورزی	نقره
[۱۰]	افزایش انتقال حرارت در مبدل‌ها	نفت و گاز	اتیلن گلیکول-اکسید آومینیوم
[۱۱]	تولید محصولات ضد آب	نجاری	زایکوسیل و رس
[۱۲]	تولید بسته بندی ضد میکروب	بسته بندی	اکسید تیتانیوم و نقره
[۱۳]	جلوگیری از پوسیدگی محصولات	کشاورزی	نقره
[۱۴]	تجزیه پسماند حاصل از صنعت نساجی	نساجی	اکسید روی
[۱۵]	رنگ کردن با کیفیت بیشتر چرم	چرم	رنگدانه
[۱۶]	حفظ رنگ الیاف	نساجی	دی اکسید تیتانیوم
[۱۷]	نگهداری طولانی‌تر مواد غذایی	انبارداری	زنولیت
[۱۸]	تولید الیاف مورد نیاز در پزشکی	پزشکی	رس
[۱۹]	تولید عایق‌های با خواص بهتر	عایق کاری	سیلیکون