



## بررسی کارایی نانو ذرات آهن اکسید سنتز شده در حذف یون مس از محلول‌های آبی

نویسندگان: محمدحسین سلمانی<sup>۱</sup>، محمدحسن احرام پوش<sup>۲</sup>، محمد میری<sup>۳</sup>، محمدتقی قانعیان<sup>۴</sup>، محسن عسکری شاهی<sup>۵</sup>

۱. دکتری شیمی تجزیه، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
۲. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
۳. نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد  
تلفن تماس: ۰۹۱۲۹۳۵۷۵۸۸ Email: M\_miri87@yahoo.com
۴. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
۵. استادیار گروه آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

### چکیده

**مقدمه:** آلودگی منابع آب در نتیجه ورود مستقیم یون‌های فلزی از پساب‌های صنعتی، یکی از دغدغه‌های مهم جهان امروز است. در این مطالعه حذف یون مس از آب‌های آلوده به وسیله نانو ذرات آهن اکسید سنتز شده در حضور عصاره پوست نارنگی مورد بررسی قرار گرفت.

**روش بررسی:** برای تهیه نانو ذرات آهن اکسید از روش هم رسوبی استفاده شد. برای جلوگیری از تجمع و کاهش قطر ذرات از عصاره پوست نارنگی استفاده شد. اثر پارامترهای مختلف مانند زمان تماس، pH، غلظت اولیه یون مس و مقدار جاذب بر کارایی فرایند حذف آلاینده بررسی و بهینه گردید. جهت مطالعه بیشتر فرایند جذب، داده‌های آزمایش با مدل‌های جذب لانگمویر و فروندلیچ برازش و بررسی شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان دادند، درصد حذف یون مس با افزایش pH محلول، افزایش یافته است. افزایش غلظت یون مس از ۵ به ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد حذف آن را از ۸۸ درصد به ۸۱ درصد کاهش یافت. بیشترین درصد حذف یون مس، هنگامی که مقدار جاذب ۰/۶ گرم و غلظت آلاینده ۵ میلی‌گرم در لیتر بود، به ۹۲٪ رسید.

**نتیجه‌گیری:** نتایج آزمایش‌های جذب مس نشان داد که فرایند حذف یون مس به‌طور معنی‌داری وابسته به pH است و درصد حذف رابطه معکوس با غلظت یون مس در محلول دارد. فرایند جذب این آلاینده به‌وسیله نانو ذرات آهن اکسید از مدل ایزوترم لانگمویر پیروی می‌کند. نتایج این پژوهش نشان داد که نانو ذرات آهن اکسید سنتز شده در حضور عصاره پوست نارنگی برای حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی، مناسب و کارآمد می‌باشند.

**واژه‌های کلیدی:** نانو ذرات، آلودگی آب، حذف، مس

## طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال پانزدهم

شماره: چهارم

مهر و آبان ۱۳۹۵

شماره مسلسل: ۵۸

تاریخ وصول: ۱۳۹۲/۸/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲۳



## مقدمه

برای این روش می‌توان کربن فعال‌شده، خاکستر استخوان،

ژئولیت، رزین‌ها و نانولوله‌های کربنی را نام برد (۵).

در زمینه آب و فاضلاب فناوری نانو کارایی بالایی را برای حذف آلاینده‌ها و تشخیص آن‌ها دارا است (۶). بسیاری از کاربردهای زیست‌محیطی نانو جاذب‌ها در زمینه حذف آلاینده‌های آب شرب و تصفیه فاضلاب و کاربردهای دیگری است که خاک و محتویات آب‌های زیرزمینی یا آلاینده‌های هوا را هدف قرار داده‌اند. هدف از سنتز و توسعه نانو جاذب‌ها تهیه جاذب‌هایی است که ظرفیت جذب بالاتری از جاذب‌های متداول دارند (۷، ۸).

ساخت ذرات با ابعاد نانو از نظر علم و فناوری حائز اهمیت زیادی است. نانو ذرات به دلیل دارا بودن خواص کاملاً منحصر به فرد در واکنش‌ها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشند. در واقع کوچکی بیش از حد و بالا بودن نسبت سطح به حجم در این ترکیبات باعث ایجاد خواص الکترونیکی، اپتیکی، مغناطیسی و شیمیایی جدید در آن‌ها شده است (۹). امروزه نانو ذرات مغناطیسی بر پایه آهن اهمیت بسیار زیادی یافته‌اند، زیرا کاربردهای وسیعی در کشاورزی، صنعت و پزشکی از جمله کاتالیست‌ها، ضبط کننده‌های مغناطیسی، انتقال کنترل شده دارو در بدن دارا می‌باشند. این ترکیبات عمدتاً با توجه به خواص فیزیکی، مکانیکی و نیز خواص منحصر به فرد مغناطیسی‌شان مورد استفاده قرار می‌گیرند. تحقیقات اخیر نشان داده است که ویژگی‌های فیزیکی نانو ذرات تحت تأثیر روش تهیه آن قرار می‌گیرد. از آنجایی که اندازه و توزیع ذرات و فضای بین ذرات بیشترین تأثیر را روی خواص مغناطیسی دارند، باید روش ساخت مناسبی استفاده نمود که کنترل خوبی بر روی این

آلودگی منابع آب در نتیجه دفع مستقیم یون‌های فلزی، یکی از دغدغه‌های مهم جهان امروز است. پساب‌های بسیاری از صنایع از قبیل صنایع متالورژی، تولید مواد شیمیایی، تولید باتری و معادن مختلف استخراج فلزات حاوی یون‌های فلز سنگین است (۱). جهت جلوگیری از ورود این یون‌ها به چرخه‌های غذایی خارج کردن این یون‌های فلزی از پساب‌ها پیش از دفع و آزاد کردن آب‌های آلوده به محیط‌زیست، ضروری به نظر می‌رسد. مس به واسطه قابلیت‌های هدایت الکتریکی و حرارتی و خواص شیمیایی متناوب یکی از پرکاربردترین فلزات در صنایع مختلف الکترونیک، نظامی، آلیاژی، وسایل آشپزخانه، تهیه سموم کشاورزی است. مس مانند بسیاری از عناصر دیگر موجود در طبیعت در صورت وجود بیش از حد در آب‌های آشامیدنی و دیگر مواد غذایی باعث بروز بیماری در انسان می‌شود. اگر یون مس بیش از حد نیاز به بدن برسد، با ایجاد اختلال در جذب آهن و روی، باعث کم‌خونی و فقر آهن می‌شود و بر باروری تأثیر منفی می‌گذارد. مقدار مجاز یون مس در آب‌های شهری ppm ۱/۳ تعیین شده است (۴-۱). با توجه به موارد فوق و به دلیل مصارف فراوان مس در دنیای امروز و لذا وجود آلودگی‌های اجتناب‌ناپذیر ناشی از آن در منابع آب و فاضلاب‌های صنعتی، اندیشیدن تدابیری جهت حذف یون مس محلول در آب ضروری است. راه‌های مختلفی برای تقلیل غلظت یون‌های فلزی از محلول‌های آبی مورد مطالعه قرار گرفته است از قبیل رسوب‌دهی، فیلتراسیون ممبرانی، تعویض کاتیونی و جذب سطحی؛ که جذب سطحی به دلیل برخورداری از قابلیت بازیابی جاذب به کاررفته و در نتیجه صرفه اقتصادی، بیشتر مورد توجه است. از مواد به کاررفته



آب مقطر تهیه شد. این دو محلول با نسبت ۴۰ به ۶۰ سی سی مخلوط کرده و دمای آن را به ۸۰ درجه سانتی گراد رسانده شد. سپس محلول آمونیاک ۰/۲۵ به صورت آرام و قطره ای در مدت ۲۰ دقیقه اضافه شد تا pH محلول به بالای ۹ برسد. رسوب حاصل را ۳ بار با آب مقطر شستشو داده و با آهنربا جداسازی کرده، نانو ذرات آهن اکسید را در دمای محیط ( $27 \pm 2^\circ\text{C}$ ) خشک شد. نانو ذرات سنتز شده را برای حذف یون مس از محلول های آبی استفاده گردید.

برای تهیه غلظت های مختلف محلول آبی یون مس ابتدا محلول مادر ۱ گرم در لیتر آن را با استفاده از نمک مس (II) سولفات ( $\text{CuSO}_4$ ) محصول شرکت مرک و آب مقطر تهیه شد. آزمایش ها در سه سطح مقدار جاذب ( $0.1, 0.2, 0.4 \text{ g}/100 \text{ ml}$ ) و زمان ( $15, 30, 60, 90$ ) دقیقه و سه سطح pH ( $2.4, 6.5$ ) انجام شد. محلول یون مس پس از تماس با جاذب روی شیکر بعد از زمان تماس معین از کاغذ صافی عبور داده و غلظت باقیمانده یون ها به وسیله دستگاه طیف سنج اتمی مدل Spectra AA.20 اندازه گیری شد.

برای بررسی فرایند جذب یون مس توسط نانو ذرات آهن اکسید، داده های آزمایش جذب با مدل های ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ استفاده شد (۱۴، ۱۳). مدل فروندلیچ به ناهمگنی سطوح جاذب اشاره دارد و مدل لانگمویر به در دست بودن سطح محدودی از ماده برای جذب سطحی اشاره دارد.

#### یافته ها

برای تعیین ظرفیت جذب نانو ذرات آهن اکسید تهیه شده و انتخاب نانوذره بهینه از کارایی جذب آن برای یون مس استفاده

پارامترها داشته باشد (۱۰). نانو ذرات مغناطیسی پایه آهن با روش های گوناگونی تولید می شوند که برخی از مهم ترین آن ها عبارت اند از: مایسل معکوس، رسوب دادن، هیدرولیز گرمایی، سل-ژل و خشک کردن پاششی می باشند (۱۱). استفاده از مواد مگنتیتی در زمینه پالایش آلودگی های آب، یک رویکرد جدید در تحقیقات آب و فاضلاب است (۱۲).

سورفاکتانت ها تأثیر زیادی در کاهش اندازه نانو ذرات و جلوگیری از کلوخه شدن آن دارد و عصاره پوست نارنگی حاوی مواد بی فنل و پلی فنل است که به عنوان سورفاکتانت استفاده شود. لذا، در این مطالعه نانو ذرات آهن اکسید با درصد های مختلف عصاره پوست نارنگی سنتز شد که این روش کاملاً دوست دار محیط زیست بوده و مواد شیمیایی اضافی وارد محیط نمی کند. سپس کارایی نانو جاذب تهیه شده در حذف یون مس از محلول آبی مطالعه شد.

#### روش بررسی

این تحقیق یک مطالعه تجربی بود که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. تمام آزمایش ها در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به روش ناپیوسته (Bach) انجام شد. برای تهیه عصاره پوست نارنگی ابتدا ۵۰ گرم پوست نارنگی شستشو داده شده را خرد کرده و در ۵۰۰ سی سی آب مقطر ریخته، به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد همراه با هم زدن حرارت داده شد. سوسپانسیون را با صافی ۰/۴۵ میکرون صاف شد تا محلول کاملاً شفاف به دست آمد.

برای تهیه نانوذره از روش هم رسوبی استفاده شد. بدین منظور محلول ۰/۱ مولار آهن (II) کلرید و آهن (III) کلرید با استفاده از محلول عصاره پوست نارنگی با درصدهای مختلف، به جای



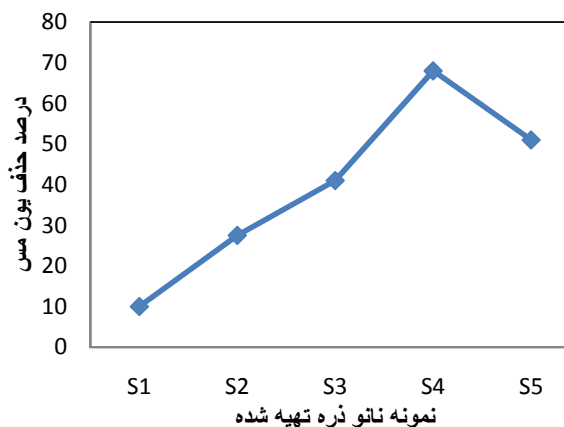
تأثیر زمان تماس بر درصد حذف یون مس توسط نانو ذرات آهن اکسید سنتز شده در حضور عصاره پوست نارنگی در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر یون مس و زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه بررسی شد.

در این مرحله مقدار ۰/۴ گرم جاذب در ۱۰۰ میلی‌لیتر و pH محیط واکنش ۴ بوده است. نتایج نشان داد با افزایش زمان میزان حذف افزایش می‌یابد و زمان بهینه ۹۰ دقیقه است که در مراحل بعدی فرایند جذب ثابت گرفته شد.

غلظت آلاینده، پارامتر بسیار مؤثر بر کارایی حذف آلاینده است. لذا، تأثیر غلظت اولیه یون مس بر کارایی جاذب در حذف آن از محلول بررسی شد. برای این منظور، آزمایش جذب با مقدار ۰/۴ گرم جاذب در ۱۰۰ میلی‌لیتر، زمان تماس ۹۰ دقیقه، pH ۶/۵ و دور شیکر ۱۰۰ rpm انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش غلظت یون مس از ۵ به ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، درصد حذف یون مس از ۸۸٪ به ۸۱٪ کاهش یافت.

مقدار جاذب پارامتر مهمی در تعیین ظرفیت جذب است. با افزایش مقدار جاذب، مکان‌های جذب در دسترس برای جذب آلاینده افزایش یافته و جذب بهتر صورت می‌گیرد. برای تعیین تأثیر مقدار جاذب بر فرایند حذف یون مس، مقدار جاذب ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر و غلظت یون مس ۵ میلی‌گرم در لیتر، در نظر گرفته شد و سایر شرایط آزمایش مانند pH، زمان تماس و دور شیکر ثابت گرفته شدند. نتایج نشان داد، با افزایش مقدار جاذب، درصد حذف یون مس از محلول افزایش یافت. بیشترین درصد حذف، هنگامی که مقدار جاذب ۰/۶ گرم و غلظت آلاینده ۵ میلی‌گرم در لیتر بود، به ۹۲٪ رسید.

گردید. برای این منظور مقدار ۰/۴ گرم از نانوذره‌های مختلف تهیه‌شده را در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول یون مس با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر ریخته و پس از زمان تماس ۳۰ دقیقه نانوذره‌ای که بیشترین راندمان حذف را داشت به‌عنوان جاذب برای سایر مراحل مورداستفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از این مرحله در شکل ۱ آمده است. با توجه به شکل ۱ نمونه ۴ دارای بالاترین راندمان حذف (۶۸ درصد) است و در تصویر SEM آن نیز نظم و یکنواختی بهتری مشاهده می‌شود. گستره اندازه این نمونه نیز دارای میانگین ۱۰۰ نانومتر است. بنابراین از این نانوذره تهیه شده جهت آزمایش‌های جذب بعدی استفاده گردید.



شکل ۱: راندمان حذف نمونه‌های مختلف نانو ذرات تهیه‌شده در حضور عصاره پوست نارنگی

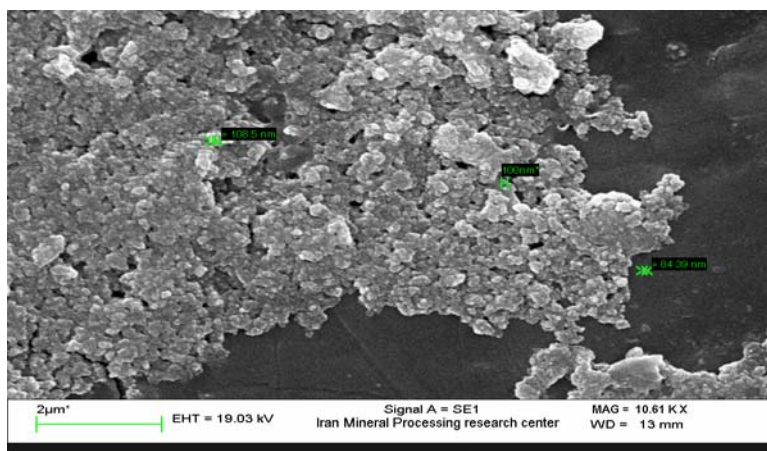
شکل ۲ نانو ذرات آهن اکسید سنتز شده در حضور عصاره پوست نارنگی که به‌عنوان جاذب مورداستفاده قرار گرفت را نشان می‌دهد. در تصویر SEM پوشش ایجادشده توسط عصاره پوست نارنگی بر سطح نانو ذرات آهن اکسید مشاهده می‌شود. شکل ۳ نیز نمودار توزیع نانو ذرات آورده شده است که میانگین قطر اندازه نانو ذرات تهیه‌شده را نشان می‌دهد.



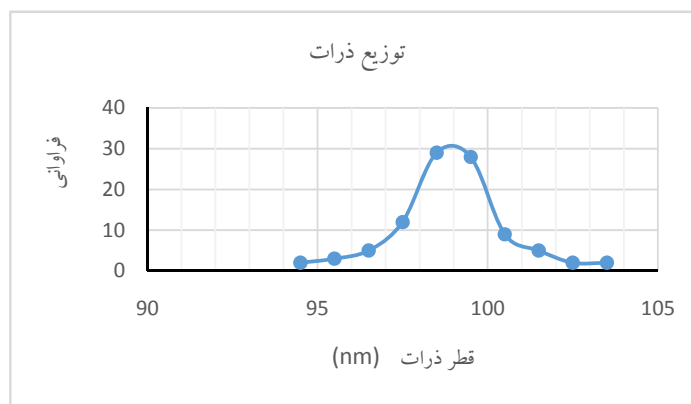
ذرات آهن اکسید سنتز شده در حضور عصاره پوست نارنگی آورده شده است.

مقادیر بالای  $R^2$  در این معادلات نشان می‌دهد که داده‌های آزمایش از هر دو معادله فروندلیچ و لانگمویر تبعیت می‌کند، اما داده‌ها با مدل لانگمویر برازش بهتری دارد.

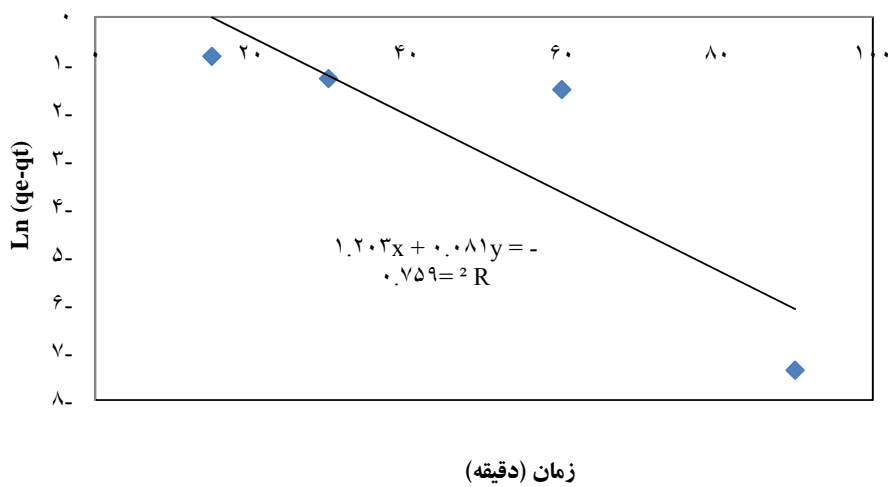
در این مطالعه، داده‌ها با مدل ایزوترم‌های جذبی لانگمویر و فروندلیچ مطابقت و بررسی شد. نمودار  $1/q_e$  در برابر  $1/C_e$  نشان‌دهنده ایزوترم لانگمویر و نمودار  $\ln(q_e)$  در برابر  $\ln(C_e)$  نشان‌دهنده ایزوترم فروندلیچ می‌باشند. در جدول (۱) مقادیر ثابت‌های لانگمویر و فروندلیچ برای جذب یون مس توسط نانو



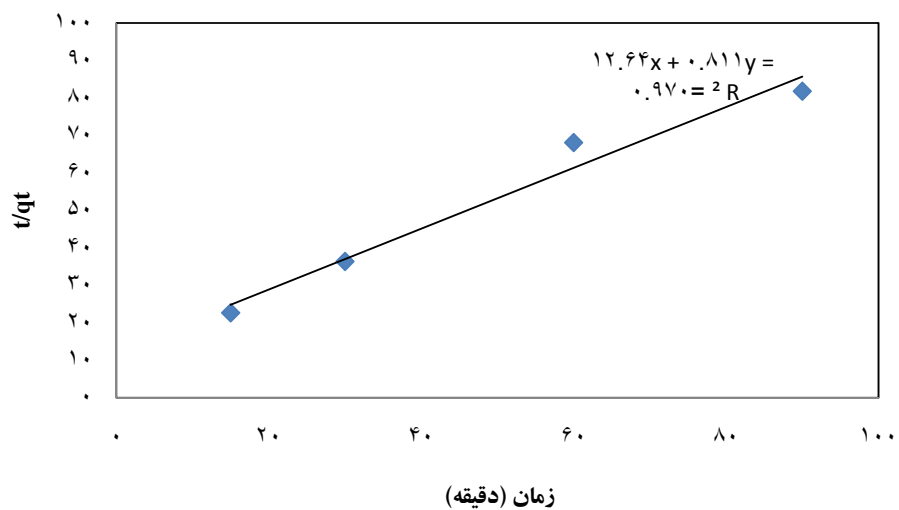
شکل ۲: تصویر SEM مربوط به نانو ذرات آهن اکسید سنتز شده



شکل ۳: نمودار توزیع نانو ذرات آهن اکسید سنتز شده



شکل ۳: مدل سینتیک شبه درجه اول در جذب یون مس به وسیله نانو ذرات آهن اکسید



شکل ۴: مدل سینتیک شبه درجه دوم در جذب یون مس توسط نانو ذرات آهن اکسید



جذب با استفاده از مدل‌های شبه درجه اول، شبه درجه دوم بررسی شدند (شکل ۴، ۳).

همان‌گونه که مشاهده شد سینتیک واکنش جذب بر اساس دو مدل نامبرده مورد بررسی قرار گرفت. میزان ضرایب تعیین  $(R^2)$ ، برای دو مدل شبه درجه اول و شبه درجه دوم به ترتیب ۰/۷۵۹۹ و ۰/۹۷۰۸ برای فرایند جذب یون مس بود. بر اساس نتایج بیشترین میزان مطابقت با مدل شبه درجه دوم مشاهده شد و این مدل به‌عنوان بهترین نمونه جهت توصیف رفتار سینتیکی جاذب نانو ذرات آهن اکسید در جذب یون مس از محیط‌های آبی انتخاب شد.

### بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش کارایی جذب نانو ذرات آهن اکسید سنتز شده در حضور عصاره پوست نارنگی برای حذف یون مس از محلول‌های آبی بررسی شد. با توجه به ترکیبات موجود در عصاره پوست نارنگی که خاصیت سورفاکتانتی دارند، این می‌تواند از تجمع نانو ذرات در محلول جلوگیری و به کاهش اندازه نانو ذرات کمک کند. ضمن اینکه این عصاره لایه‌ای از ترکیبات آلی دور نانو ذرات آهن اکسید می‌پوشاند که می‌تواند به جذب سطحی فلزات سنگین کمک کند.

نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش زمان تماس، راندمان حذف یون مس افزایش پیدا می‌کند که ناشی از آن است که با افزایش زمان، یون مس فرصت بیشتری برای تماس با سطح جاذب پیدا می‌کنند. بیشتر بودن سرعت جذب در زمان‌های اولیه به این علت است که نسبت جایگاه‌های فعال و گروه‌های عامل جذب‌کننده به آلاننده در محلول در زمان‌های تماس اولیه بیشتر در دسترس است. نتایج این مطالعه نشان داد که زمان تعادل بهینه

خصوصیات لازم و امکان‌پذیر فرایند جذبی ایزوترم لانگمویر را می‌توان با ثابت بدون بعد به نام فاکتور جداسازی بیان کرد

$$(معادله ۴) \quad R_L = \frac{1}{1 + b \cdot C_0}$$

در این رابطه  $R_L$  فاکتور جداسازی،  $C_0$  غلظت اولیه کادمیم، و  $b$  ثابت لانگمویر است. اگر  $R_L < 1$  باشد جذب نامطلوب است. اگر  $R_L = 1$  جذب به صورت خطی و اگر  $R_L = 0$  غیرقابل برگشت و اگر  $0 < R_L < 1$  باشد جذب مطلوب است.

در این مطالعه چون از غلظت‌های اولیه مختلفی برای تعیین ایزوترم جذب استفاده شد، در نتیجه  $R_L$  در غلظت‌های مختلف یون مس محاسبه شد که در جدول ۲ آورده شده است. جدول ۲: فاکتور جداسازی برای غلظت‌های مختلف برای یون

مس	
غلظت اولیه (mg/l)	$R_L$
۵	۰/۱۹۴۳
۱۰	۰/۱۰۷۶
۱۵	۰/۰۷۴۴
۲۰	۰/۰۵۶۸

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد، مقدار  $R_L$  بین صفر و یک است که نشان‌دهنده مطلوب بودن فرایند جذب برای یون مس با جاذب تهیه شده است.

یکی از مهم‌ترین عوامل برای طراحی سیستم جذب (جهت تعیین زمان تماس بهینه) پیش‌بینی سرعت فرآیند جذب است که با سینتیک سیستم کنترل می‌شود.

جهت تعیین سینتیک جذب یون مس بر نانو ذرات آهن اکسید، محلول یون مس با غلظت اولیه ۵ mg/L و در زمان‌های تماس ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ دقیقه، مقدار جاذب ۰/۴g و pH=۴ بررسی شد. جهت تعیین سینتیک جذب، داده‌های حاصل از آزمایش



شد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد با افزایش pH تا ۵ راندمان حذف افزایش یافته و سپس با افزایش pH راندمان حذف کاهش یافت (۱۷). نتایج این مطالعه با تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

در مطالعه مهدوی و همکاران در سال ۱۳۹۰، از نانو ذرات مغناطیسی مگنتیت آغشته با پسماندهای چای جهت حذف یون مس از محلول‌های آبی استفاده کردند. برای تعیین اثر pH اولیه محلول، از pH های ۲ تا ۵/۵ استفاده کردند و نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که با افزایش pH راندمان حذف یون مس افزایش می‌یابد که با این مطالعه هم‌خوانی دارد (۱۸).

مقدار جاذب از فاکتورهای دیگری است که در آزمایش‌های جذب مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج حاصله از این تحقیق حاکی از آن است که با افزایش مقدار جاذب، راندمان حذف یون مس افزایش می‌یابد.

دلیل این افزایش راندمان حذف این است که افزایش مقدار جاذب باعث می‌شود که تعداد جایگاه‌های فعال جاذب در محلول افزایش پیدا می‌کند، در نتیجه سطح تماس میان جاذب و آلاینده افزایش یافته و باعث افزایش راندمان حذف یون مس می‌شود.

در مطالعه افتخار و همکاران از زائدات بر گل رز برای حذف یون مس و کروم استفاده کردند. در این مطالعه از مقدار جاذب ۰/۰۵ تا ۰/۲ گرم استفاده شده است و مقدار بهینه جاذب ۰/۱ گرم به دست آمده و بعد از آن راندمان حذف کاهش می‌یابد. (۱۹). نتایج دو مطالعه فوق با این قسمت از مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد.

در نهایت می‌توان گفت نتایج این پژوهش نشان داد که نانو ذرات آهن اکسید سنتز شده در حضور عصاره پوست نارنگی

برای فرایند جذب یون مس با این جاذب ۹۰ دقیقه است. در مطالعه kosa و همکاران در سال ۲۰۱۲ با عنوان حذف فلزات سنگین با استفاده از نانولوله‌های کربنی اصلاح شده با ۸- هیدرو کسی کینولین صورت گرفت، نتایج نشان داد که با افزایش زمان تماس بین جاذب و یون مس و کادمیوم راندمان حذف یون‌ها افزایش پیدا می‌کند.

همچنین بیشترین مقدار جذب در همان ۱۰ دقیقه اول صورت می‌گیرد (۱۵). در مطالعه ایزابل و همکاران که از ساقه درخت انگور برای حذف یون مس و نیکل استفاده کرده بودند زمان بهینه ۲۰ دقیقه به دست آمده بود و بعد از آن راندمان افزایش پیدا نکرده بود (۱۶). نتایج این مطالعات با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.

در این مطالعه مشاهده شد که راندمان حذف در pH اسیدی پایین تر است. دلیل کاهش راندمان در pH اسیدی این است که در pH اسیدی بار مثبت بر روی جاذب ایجاد می‌شود و دافعه الکترواستاتیک بین جاذب باردار مثبت و کاتیون مس ایجاد می‌شود. همچنین غلظت یون‌های هیدروژن در محلول افزایش پیدا کرده و به جای یون مس بر روی جاذب قرار می‌گیرد و در نتیجه راندمان حذف کاهش پیدا می‌کند.

نتایج اثر pH در این مطالعه نشان داد با تغییر pH از ۲ به ۴ راندمان حذف به شدت افزایش می‌یابد اما بعد از آن روند کاهشی دارد. در مطالعه‌ای که توسط افخمی و همکاران در سال ۲۰۱۰ انجام شد از نانو ذرات آلومینای اصلاح شده با ۲ و ۴ دی نیترو فنیل هیدرازین برای حذف فلزات سنگین از قبیل سرب (II)، کادمیم (II)، کروم (III)، کبالت (II)، نیکل (II) و مس (II) استفاده شد. برای تعیین اثر pH از pH های ۱/۵ تا ۵/۵ استفاده





برای حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی، بسیار مناسب و نویسدگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت و همکاری کارشناسان محترم آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت یزد کارآمد می‌باشند.

تشکر و قدردانی

جهت انجام این تحقیق تشکر و قدردانی نمایند.

## Reference

1. Rao GP, Lu C, Su F. Sorption of divalent metal ions from aqueous solution by carbon nanotubes: a review. *Separation and Purification Technology*. 2007;58(1):224-31.
2. Stafiej A, Pyrzynska K. Solid phase extraction of metal ions using carbon nanotubes. *Microchemical Journal*. 2008;89(1):29-33.
3. Li Y-H, Ding J, Luan Z, Di Z, Zhu Y, Xu C, et al. Competitive adsorption of Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> ions from aqueous solutions by multiwalled carbon nanotubes. *Carbon*. 2003;41(14):2787-92.
4. Zhuang H, Zheng G, Soh A. Interactions between transition metals and defective carbon nanotubes. *Computational Materials Science*. 2008;43(4):823-8.
5. Upadhyayula VK, Deng S, Mitchell MC, Smith GB. Application of carbon nanotube technology for removal of contaminants in drinking water: a review. *Science of the total environment*. 2009;408(1):1-13.
6. Goodhart RS, Shils ME. *Modern Nutrition in Health and Disease* Lea & Febiger. Philadelphia; 1978.
7. Sharma Y, Srivastava V, Singh V, Kaul S, Weng C. Nano-adsorbents for the removal of metallic pollutants from water and wastewater. *Environmental technology*. 2009;30(6):583-609.
8. Chen Y-H, Li F-A. Kinetic study on removal of copper (II) using goethite and hematite nano-photocatalysts. *Journal of Colloid and Interface Science*. 201۸۱-۲۷۷:(۲)۳۴۷;۰
9. Pillai V, Kumar P, Multani MS, Shah DO. Structure and magnetic properties of nanoparticles of barium ferrite synthesized using microemulsion processing. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 1993;80(1):69-75.
10. Seip CT, Carpenter EE, O'Connor CJ, John VT, Li S. Magnetic properties of a series of ferrite nanoparticles synthesized in reverse micelles. *IEEE transactions on magnetics*. 1998;34(4):1111-3.
11. Pillai V, Kumar P, Hou M, Ayyub P, Shah D. Preparation of nanoparticles of silver halides, superconductors and magnetic materials using water-in-oil microemulsions as nano-reactors. *Advances in Colloid and Interface Science*. 1995;55:241-69.



- 12.Haddad PS, Martins TM, D'Souza-Li L, Li LM, Metze K, Adam RL, et al. Structural and morphological investigation of magnetic nanoparticles based on iron oxides for biomedical applications. *Materials Science and Engineering: C*. 2008;28(4):489-94.
- 13.Freundlich H. Over the adsorption in solution. *J Phys Chem*. 1906;57 (3-1100):(85471)
- 14.Langmuir I. The Constitution And Fundamental Properties of Solids and Liquids. PART I. SOLIDS. *Journal of the American Chemical Society*. 1916;38(11):2221-95.
- 15.Kosa SA, Al-Zhrani G, Salam MA. Removal of heavy metals from aqueous solutions by multi-walled carbon nanotubes modified with 8-hydroxyquinoline. *Chemical Engineering Journal*. 2012;181:159-68.
- 16.Villaescusa I, Fiol N, Martínez Ma, Miralles N, Poch J, Serarols J. Removal of copper and nickel ions from aqueous solutions by grape stalks wastes. *Water Research*. 2004;38(4):992-1002.
- 17.Afkhami A, Saber-Tehrani M, Bagheri H. Simultaneous removal of heavy-metal ions in wastewater samples using nano-alumina modified with 2, 4-dinitrophenylhydrazine. *Journal of hazardous materials* . ۴۴-۸۳۶:(۱)۱۸۱;۲۰۱۰.
- 18.Mahdavi S, Jalali M, Afkhami A. Removal of heavy metals from aqueous solutions using Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, ZnO, and CuO nanoparticles. *Journal of Nanoparticle Research*. 2012;14(8):1-18.
- 19.Iftikhar AR, Bhatti HN, Hanif MA, Nadeem R. Kinetic and thermodynamic aspects of Cu (II) and Cr (III) removal from aqueous solutions using rose waste biomass. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;161(2):941-7.



Received:2013/10/26

Accepted:2013/12/14

## Evaluation of synthesized iron oxide nanoparticles in removal of copper ions from aqueous solution

Salmani MH (Ph.D)<sup>1</sup>, Ehrampoush MH (Prof)<sup>2</sup>, Miri M(Ph.D student)<sup>3</sup>, Ghaneian MT (Ph.D)<sup>4</sup>, AskarShahi M(Ph.D)<sup>5</sup>

1.Ph.D. in Analytical Chemistry, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran, Tehran, Iran

2.Professor, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

3.Corresponding Author: PhD Student of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

4.Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

5.Assistant professor, Department of of Biostatistics, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

### Abstract

**Introduction:** water source pollutant, result of direct releasing of metal ions to environment, is one of the most important problems in the world. In this study, efficiency of synthesized iron oxide nanoparticles in presence of extract tangerine Peel was investigated for removal of copper ions in the solution.

**Methods:** Iron oxide nanoparticles were prepared by co-perception method using Tangerine Peel extract. The Tangerine Peel extract used to decrease of nanoparticle size and to prevent of particles coagulation. The effect of different parameter includes initial copper concentration, adsorbent dose, contact time and solution pH was investigated on removal of copper. The experimental data were fitted to Langmuir and Freundlich isotherm models.

**Results:** The results showed that the removal efficiency was increased by increasing of pH and decreased from 88% to 81% by increasing of initial copper concentration from 5 mg/l to 10 mg/l. The most removal percent was 92% when copper concentration was 5 mg/l and adsorbent doze was 0.6 g in 100 ml suspension.

**Conclusion:** The results showed the removal efficiency is depended on to pH. The increase of copper concentration decreased the removal efficiency. Adsorption experimental data were in good accordance with Langmuir isotherm model. The synthesized iron oxide nanoparticles with extract Tangerine Peel is a good adsorbent for removing of heavy metals from aqueous solution.

**Keywords:** Nanoparticles, Water pollutant, Removal, Cupper

### This Paper Should be Cited as:

Salmani M.H (Ph.D), Ehrampoush M.H (Ph.D), Miri M(Ph.D student), Ghaneian M T (Ph.D) AskarShahi M(Ph.D) . Evaluation of synthesized iron oxide nanoparticles..... J Toloobehdasht Sci