

Study on Performance of Walnut Shells Adsorbent in Nitrate Removal from the Aqueous Solutions

ABSTRACT

Background and Aim: The high concentration of nitrate in drinking water can be detrimental to health. It can be reduced to nitrite in children's Stomach and lead to methemoglobinemia. Therefore, the removal of nitrate from polluted waters is necessary. The purpose of this study is to determine the effectiveness of walnut shell adsorbent in nitrates removal from aqueous solutions.

Materials and Methods: This experimental study was conducted in a batch laboratory-scale reactor. The walnut shell was collected and burned in the furnace at 700°C in 1 hour and sieved in 20 -100 mesh. The optimum values of pH, contact time, adsorbent dosage and concentration of nitrate were determined in lab scale conditions. The nitrate concentration was measured in wavelengths of 220 and 275 nm by the spectrophotometer. Also, pH_{pzc} of the adsorbent was determined.

Results: The results showed that the optimum pH was 9. In higher and lower proportions of pH, the removal efficiencies were increased and decreased respectively. The removal efficiency was increased until 120 minutes; however, the percentage of removal was reduced after 120 minutes. Adsorption efficiencies were increased and decreased by increasing the adsorbent dosage and the concentration of nitrate, respectively. At optimal condition, the nitrate removal efficiency was 78%.

Conclusion: The result of the present study shows that walnut shell can be used as an effective and cheap adsorbent for nitrate removal from aqueous solutions, and the alkaline pH is more efficient for removal process.

Keywords: nitrate, walnut shell ash, Adsorption, Adsorbent.

Mohammad Ali Zazouli

Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.

Mohammad Ali Ebrahimzadeh

Professor, Pharmaceutical Sciences Research Center, Hemoglobinopathy Institute, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.

Sayede Sammane Taheri

Otaghsara

* BSc of Environmental Health Engineering Student Research Committee, School of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran. (Corresponding Author): Email: Sstaheriotaghsara91@gmail.com,

shahram eslami

Phd of Medicinal Chemistry, Pharmaceutical Sciences Research Center, Hemoglobinopathy Institute, Department of Medicinal Chemistry, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.

yahya esfandiari

Phd student of Environmental Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.

Received: 2019/01/20

Accepted: 2019/08/25

Document Type: Research article

► **Citation:** Zazouli MA, Ebrahimzadeh MA, Taheri Otaghsara S, Eslami Sh, Esfandiari Y. Study on Performance of Walnut Shells Adsorbent in Nitrate Removal from the Aqueous Solutions. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2019;5 (2): 144-153.

بررسی کارایی جاذب پوست سخت گردو در حذف نیترات از محلول‌های آبی

چکیده

زمینه و هدف: غلظت بالای نیترات در آب آشامیدنی برای سلامت مضر است؛ به طوری که در معده کودکان نیترات به نیتریت احیاء شده و سبب بیماری متهموگلوبینما می‌گردد. بنابراین حذف نیترات آب‌های آلوده ضرورت دارد. مطالعه حاضر با هدف تعیین کارایی جاذب پوست سخت گردو در حذف نیترات از محلول‌های آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه بنیادی - کاربردی در مقیاس آزمایشگاهی و به صورت ناپیوسته انجام گرفت. ابتدا پوست سخت گردو جمع‌آوری شده و در کوره در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت سوزانده شد. جاذب حاصل پس از خرد نمودن در هاون، با الک ۲۰ و ۱۰۰ مش دانه‌بندی گردید. تأثیر pH، زمان تماس، دوز جاذب و غلظت اولیه نیترات بر عملکرد جذب مورد بررسی قرار گرفت. غلظت نیترات در طول موج‌های ۲۲۰ و ۲۷۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر UV به روش استاندارد متد اندازه‌گیری شد. تعیین نقطه شارژ صفر (pH_{pzc}) جاذب نیز اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج مطالعه حاضر pH بهینه ۹ بود، به طوری که در pH بالاتر و پایین‌تر از بهینه، به ترتیب درصد حذف افزایش و کاهش می‌یافت. راندمان حذف تا زمان تماس تا ۱۲۰ دقیقه افزایش، ولی بعد از ۱۲۰ دقیقه درصد حذف کاهش یافت. افزایش دوز جاذب و غلظت اولیه آلاینده به ترتیب سبب افزایش و کاهش راندمان جذب گردید. در شرایط بهینه راندمان حذف نیترات ۷۸٪ بود.

نتیجه‌گیری: جاذب پوست سخت گردو می‌تواند به عنوان یک جاذب ارزان و مؤثر جهت حذف نیترات مورد استفاده قرار گیرد. فرآیند حذف در محیط قلیایی مؤثرتر است.

کلید واژه‌ها: جاذب، جاذب پوست گردو، جذب سطحی، نیترات، نیتریت

محمدعلی ززولی

استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.

محمدعلی ابراهیم‌زاده

استاد، گروه شیمی دارویی، مرکز تحقیقات علوم دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.

سیده سمانه طاهری اطاقسرا

* کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران. (نویسنده مسئول): پست الکترونیک:

Sstaheriotagsara91@gmail.com

شهرام اسلامی

دکتری شیمی دارویی، مرکز تحقیقات علوم دارویی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.

یحیی اسفندیاری

دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۳

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

◀ **استاد:** ززولی م، ابراهیم‌زاده م، طاهری اطاقسرا س، اسلامی ش، اسفندیاری ی. بررسی کارایی جاذب پوست سخت گردو در حذف نیترات از محلول‌های آبی. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. تابستان ۱۳۹۸؛ ۵(۲): ۱۴۴-۱۵۳.

مقدمه

امروزه نیترات به عنوان یک منبع آلودگی اصلی آب در بسیاری از مناطق جهان شمرده می‌شود (۱، ۲). از عوامل عمده افزایش نیترات در محیط، کاربرد کودهای ازته در کشاورزی است که سبب رشد فزاینده نیترات و نیتريت در آب‌های سطحی و زیرزمینی گردیده است (۱). حضور یون‌های نیترات در بدن و اتصال آن با هموگلوبین، موجب از دست دادن توانایی حمل اکسیژن شده و در نتیجه می‌تواند بیماری متهموگلوبینما را به همراه داشته باشد (۳، ۴). همچنین حضور نیترات در محیط‌های آبی سبب رشد افسار گسیخته جلبک‌ها و پدیده یوتروفیکاسیون می‌شود (۳). غلظت نیترات در منابع آب متفاوت گزارش شده است. غلظت نیترات در آب شرب شهر خوی ۱۸/۹ میلی‌گرم در لیتر (۵) و در شهرستان کهگیلویه و بویراحمد ۲۰/۸۳ میلی‌گرم در لیتر (۶) گزارش شده است. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که سطح غلظت نیترات در آب بدون ایجاد اثر سوء قابل مشاهده حدود ۱۰ میلی‌گرم برحسب ازت می‌باشد. مقدار مجاز نیترات در آب مطابق استاندارد اروپا و آمریکا به ترتیب ۵۰ و ۴۵ میلی‌گرم (بر حسب نیترات) در لیتر وضع شده است (۶، ۷). مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سازمان جهانی بهداشت (WHO) ^۱، حد مجاز نیترات در آب آشامیدنی را ۵۰ میلی‌گرم (بر حسب نیترات) در لیتر در نظر گرفته است (۸، ۹)، بنابراین آب‌هایی که دارای نیترات با غلظت زیاد می‌باشند، باید تصفیه شوند و استاندارد مصرف رعایت شود. روش‌های متفاوتی برای حذف نیترات وجود دارد.

حذف نیترات توسط فرآیندهای متداول تصفیه مانند انعقاد و لخته‌سازی و فیلتراسیون به علت پایداری و حلالیت بالای نیترات و پتانسیل کم آن برای ترسیب همزمان یا جذب سطحی در آب غیرممکن است (۱۰). درحالی‌که تکنولوژی‌های دیگر همچون دنیتریفیکاسیون بیولوژیکی، تعویض یون (IE) ^۲، اسمز معکوس (RO) ^۳، الکترودیالیز (ED) ^۴ و دنیتریفیکاسیون شیمیایی مورد

مطالعه قرار گرفته و برای حذف نیترات از آب آشامیدنی به کار گرفته شده‌اند (۳، ۱۰، ۱۱). بر اساس مطالعات صورت گرفته، حداکثر راندمان حذف نیترات قابل حصول توسط تعویض یون ۹۰٪ (۱۲)، اسمز معکوس ۹۷٪ (۱۳)، الکترودیالیز ۶۵٪ (۱۴)، دنیتریفیکاسیون شیمیایی ۷۰٪ (۱۵) و دنیتریفیکاسیون بیولوژیکی ۱۰۰٪ (۱۶) می‌باشد.

مسئله حائز اهمیت آن است که کاربرد این فرآیندها به دلیل عملیات پرهزینه و مشکل دفع آب نمک تولیدی محدود شده است (۱۷). در این میان روش جذب سطحی به دلیل سادگی و عملکرد اقتصادی بهتر و همچنین تولید لجن و مشکلات دفع کمتر، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۱۸). به‌طور کلی جذب، روند جمع‌آوری مواد محلول روی یک واسط مناسب است. در گذشته فرآیند جذب به‌طور گسترده در تصفیه فاضلاب استفاده نمی‌شد، اما تقاضا برای کیفیت بهتر پساب منجر به یک بررسی گسترده و استفاده از فرآیند جذب روی کربن فعال شد. کربن فعال یک جاذب گران‌قیمت برای حذف آلاینده‌هاست، بنابراین دیگر جاذب‌ها باید مورد بررسی قرار گیرند (۱۹). به نظر می‌رسد استفاده از مواد دسترس و مواد نسبتاً ارزان‌قیمت به‌عنوان جاذب مانند زغال‌سنگ فعال شده، رس‌ها، مواد مزوپروس عامل‌دار و ژئولیت اصلاح شده، می‌توانند نوید دهنده باشند (۴). در سال‌های اخیر مطالعاتی در خصوص استفاده از جاذب‌های طبیعی، ارزان‌قیمت، فراوان و با کارایی مؤثر در قالب ضایعات صنعتی، کشاورزی و مواد معدنی مانند خاک رس، ژئولیت، سپیولیت و بنتونیت (۲۰) برای تصفیه آب انجام شده است. خاکستر را می‌توان از طیف وسیعی از مواد دارای کربن نظیر چوب، زغال‌سنگ، پوست گردو، هسته میوه‌ها و زایدات کشاورزی تولید کرد (۲۱).

جذب سطحی، یکی از فرآیندهای مهم در حذف آلودگی‌های زیست‌محیطی است که طی آن انتقال یک جزء از فاز گاز یا مایع به سطح جامد صورت می‌گیرد. از کاربردهای این فرآیند می‌توان به استفاده از آن در صنعت و همچنین حذف آلاینده‌های زیست

1. World Health Organization
2. Ion Exchange
3. Reverse Osmosis
4. Electrodialysis

بررسی قرار گرفت. برای تنظیم pH از سود و اسیدکلریدریک یک نرمال استفاده شد. آزمایشات تأثیر pH، در pH های ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ انجام شد. pH محلول با دستگاه pH متر مدل pH ۵۵۰۰ Duel Channel PH / Ion meter صورت گرفت (۱۰).

غلظت نیترات توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis مدل Perkin-Elmer model Lambda BZ 201 به روش استاندارد در طول موج ۲۲۰ و ۲۷۵ نانومتر تعیین شد. تمامی مراحل آزمایش برای پی بردن به خطاهای احتمالی در دو مرحله انجام شد، بنابراین تعداد نمونه‌های مورد نظر با توجه به بهینه بودن پارامترها و تکرار آزمایشات، ۱۹۰ نمونه بود (۱۰).

تعیین خصوصیات جاذب

در این تحقیق دو خصوصیت مهم جاذب pH_{PZC} و تبدیل فوری طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) به شرح ذیل تعیین شد.

برای تعیین pH_{PZC} ، از محلول نمک طعام ۰/۰۱ مولار به عنوان الکترولیت و از محلول‌های سود و اسیدکلریدریک ۰/۱ مولار به عنوان عوامل کنترل‌کننده استفاده شد. مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از محلول الکترولیت را در ۸ ارلن ۵۰ میلی‌لیتری ریختیم و pH محلول‌ها در محدوده ۲ تا ۱۲ با استفاده از اسید و سود تنظیم گردید. مقدار ۰/۵ گرم جاذب در هر کدام از ارلن‌ها اضافه شد و به مدت ۴۸ ساعت ارلن‌ها بر روی شیکر با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شدند و بعد از سپری شدن زمان فوق، pH نهایی محتویات ارلن‌ها بعد از عبور از صافی قرائت گردید (۲۷). FTIR که بیانگر گروه‌های عاملی جاذب می‌باشد، با استفاده از دستگاه پیکین‌المر تعیین شد.

یافته‌ها

خصوصیات جاذب

pH_{PZC} یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های هر جاذب می‌باشد. همانطوری که در نمودار (الف-۱) مشاهده می‌شود، pH_{PZC} جاذب ۸ بود.

محیطی از هوا، آب، فاضلاب و غیره نام برد. تاکنون مطالعات بسیاری با استفاده از جاذب پوست سخت گردو انجام گرفته است (۲۲-۲۴)، اما مطالعه‌ای جهت حذف نیترات با استفاده از این جاذب صورت نگرفته است، بنابراین و با توجه به اینکه کارایی این جاذب در حذف دیگر آلاینده‌ها مؤثر بوده است، مطالعه حاضر با هدف بررسی کارایی جاذب پوست سخت گردو در حذف نیترات از محلول آبی انجام شد.

روش کار

این مطالعه بنیادی - کاربردی در سیستم ناپیوسته و در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی مازندران انجام گرفت. در این مطالعه جهت آنالیز آماری و ارائه نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

آماده‌سازی جاذب

در این تحقیق، پوست سخت گردو پس از شستشو با آب، در فور در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. آنگاه جهت احتراق به مدت ۱ ساعت در کوره با دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از احتراق و سرد شدن، زغال حاصل از احتراق در هاون چینی پودر شد. پودر جاذب با الک‌های استاندارد ASTM با مش ۲۰ و ۱۰۰ دانه‌بندی شد. قطر دانه‌های کربن باقی‌مانده بین دو الک در محدوده ۰/۱۵ تا ۰/۸۵ بود (۲۵، ۲۶).

آزمایشات

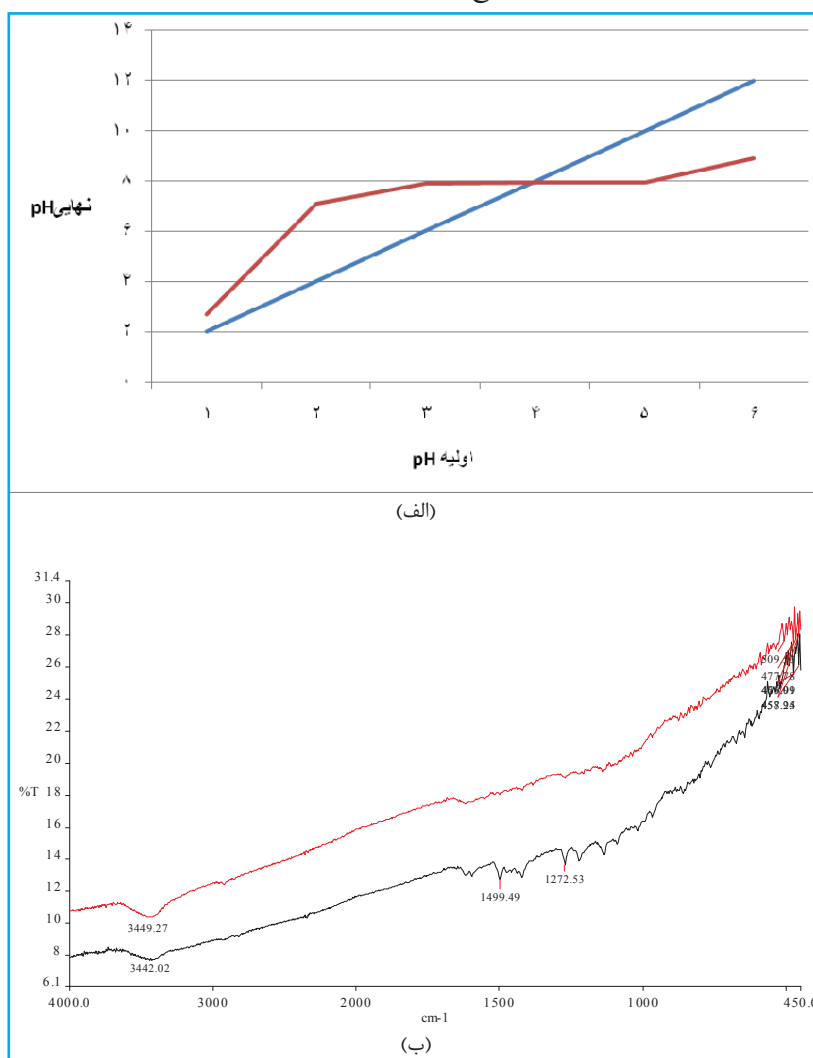
برای تهیه محلول استوک نیترات، از نمک نیترات پتاسیم شرکت مرک آلمان استفاده شد. محلول استوک نیترات با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و غلظت‌های مورد نیاز جهت آزمایش از این محلول تهیه شد.

آزمایشات به صورت ناپیوسته در ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری انجام شد؛ به طوری که با افزودن مقادیر مشخصی از جاذب و تنظیم شرایط pH، غلظت نیترات و ... ارلن‌ها بر روی شیکر با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه در زمان‌های مناسب قرار داده شد. در این تحقیق تأثیر pH، غلظت نیترات، دوز جاذب و زمان تماس به عنوان متغیر مورد

1. pH point of zero charge

تبدیل فوری طیف‌سنجی مادون قرمز (اف تی آی آر)، اغلب در آزمایش گروه‌های تابعی سطح حاضر بر روی سطح جذب‌کننده و توانایی آن‌ها در جذب یون‌های فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۸-۳۱). در این مطالعه طیف‌های FTIR مربوط به جاذب پوسته گردو قبل و بعد از فرآیند جذب ثبت شدند (نمودار الف-۲). طیف FTIR بعد از جذب نشان داد که شماره‌های موج و شدت برخی از نقاط اوج آن تغییر یافته و یا به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از مقدار آن برای قبل از جذب بود. یک نوار جذب در حدود $3442/02$ بر سانتی‌متر، مربوط به گروه O-H یا N-H، پس از جذب نیترات به سطح $3449/27$ بر سانتی‌متر منتقل می‌شود (۳۲). نقطه اوج در

سطح $1499/49$ بر سانتی‌متر در طیف، گروه‌های O-H را نشان می‌دهد. نقاط اوج در محدوده $1440-1625$ بر سانتی‌متر باید به ارتعاش خمشی O-H مربوط باشد و هیچ ارتباطی به ارتعاش کششی ندارد (ترکیب نیترو) (۳۳). نقطه اوج در سطح $1272/53$ بر سانتی‌متر باید به کشش C-O در گروه‌های استر مربوط باشد (۳۳). نقاط اوج در سطوح $1499/49$ بر سانتی‌متر و $1272/53$ بر سانتی‌متر پس از جذب نیترات ناپدید می‌شوند. تغییرات در گروه‌های جذب در FTIR پس از جذب، نشان می‌دهند که برخی از گروه‌های عملکردی در فرآیند جذب دخیل هستند؛ به علت اینکه آنها نوارها را تغییر دادند و یا ناپدید کردند.



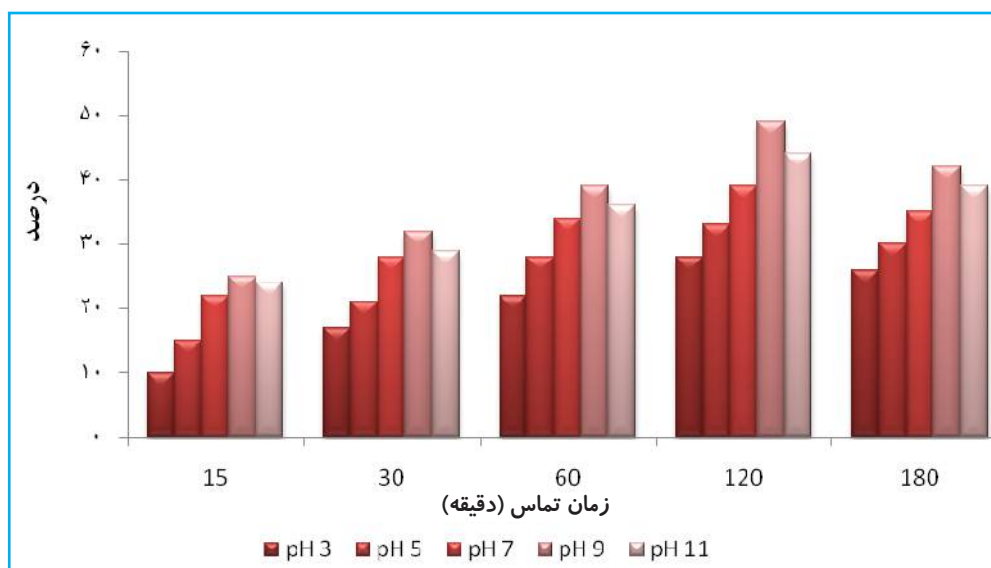
نمودار ۱. منحنی خصوصیات جاذب تهیه شده از پوست گردو: الف: pH_{pzc} ; ب: FTIR

1. - Fourier transform infrared spectroscopy

تأثیر pH بر کارایی جذب

نیترات در حضور دوز ۴ گرم در لیتر جاذب و غلظت با نیترات ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بررسی شد که نتایج آن در نمودار ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج مطالعه، با افزایش pH تا ۹، کارایی حذف افزایش یافت و بعد از آن در pH=۱۱، راندمان حذف کاهش یافت.

pH محلول، از پارامترهای تأثیرگذار بر بار سطحی ذرات جاذب بوده و فاکتوری مهم در میزان جذب آلاینده‌ها می‌باشد، به همین دلیل در این مطالعه اثر تغییر pH محلول از ۳ تا ۱۱ بر حذف

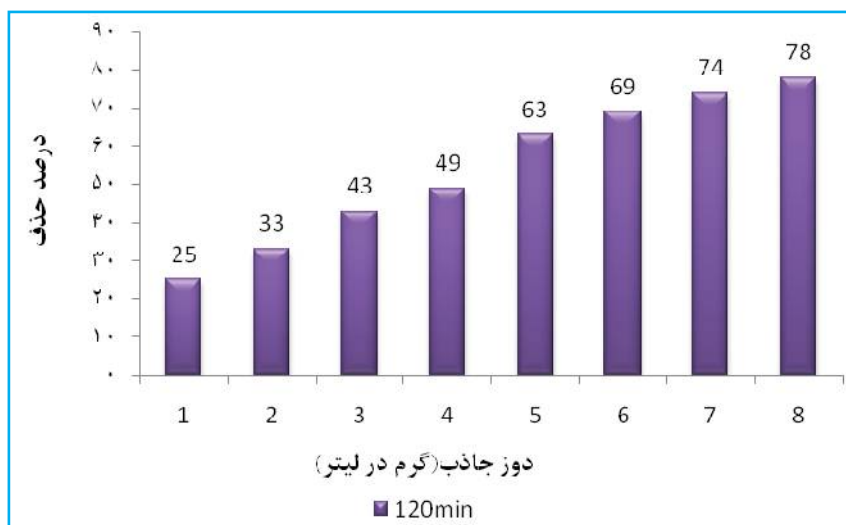


نمودار ۲. تأثیر pH بر حذف نیترات (غلظت اولیه نیترات ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و دوز جاذب ۴ گرم بر لیتر)

تأثیر دوز جاذب بر کارایی جذب

اساس نتایج این تحقیق، با افزایش میزان جاذب، میزان حذف نیترات افزایش یافت؛ به طوری که با افزایش دوز جاذب از ۱ به ۸ گرم در لیتر، کارایی حذف در یک شرایط یکسان از ۲۵٪ به ۷۸٪ افزایش یافت.

در این مطالعه اثر تغییر دوز محلول ۱ تا ۸ گرم در لیتر بر حذف نیترات در pH=۹ که بهینه در این مطالعه بود، با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر نیترات بررسی شد که نتایج آن در نمودار ۳ ارائه شده است. بر

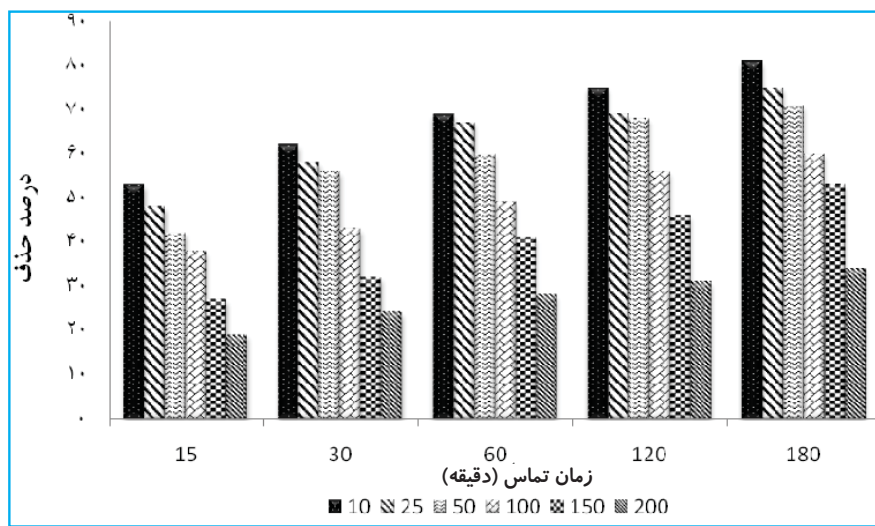


نمودار ۳. تأثیر دوز جاذب در جذب نیترات (غلظت اولیه نیترات ۱۰۰ میلی گرم در لیتر، pH=۹ و زمان تماس ۱۲۰ دقیقه)

تأثیر غلظت اولیه نیترات:

به دست آمده، با افزایش غلظت اولیه نیترات، کارایی سیستم کاهش پیدا کرده؛ به طوری که با افزایش غلظت از ۱۰ به ۲۰۰ میلی گرم در لیتر، کارایی جاذب در مدت زمان ۱۸۰ دقیقه از ۸۱٪ به ۳۴٪ کاهش یافت.

جهت بررسی غلظت اولیه نیترات در راندمان جذب نیترات، تأثیر غلظت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر نیترات مورد بررسی قرار گرفت که نتایج در نمودار ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج



شکل ۴. تأثیر غلظت اولیه نیترات بر کارایی جاذب در حذف نیترات (دوز جاذب ۴ گرم در لیتر و $\text{pH}=9$)

بحث

از نقاط اوج آن تغییر یافته و یا به طور قابل توجهی پایین تر از مقدار آن قبل از جذب بود. یک نوار جذب در حدود $3442/02$ بر سانتی متر، مربوط به گروه O-H یا N-H، پس از جذب نیترات به سطح $3449/27$ بر سانتی متر منتقل می شود (۳۲). نقطه اوج در سطح $1499/49$ بر سانتی متر در طیف، گروه‌های O-H را نشان می دهد. نقاط اوج در محدوده $1625-1440$ بر سانتی متر باید به ارتعاش خمشی O-H مربوط باشد و هیچ ارتباطی به ارتعاش کششی ندارد (ترکیب نیترو) (۳۳). نقطه اوج در سطح $1272/53$ بر سانتی متر باید به کشش C-O در گروه‌های استر مربوط باشد (۳۳). نقاط اوج در سطوح $1499/49$ بر سانتی متر و $1272/53$ بر سانتی متر پس از جذب نیترات ناپدید می شوند، بنابراین تغییرات در گروه‌های جذب در FTIR پس از جذب، نشان می دهند که برخی از گروه‌های عملکردی در فرآیند جذب دخیل هستند؛ به علت اینکه

در مطالعه حاضر عدد نقطه بار صفر جاذب ۸ به دست آمد، در حالی که جاذب برگ درخت کنار $3/76$ گزارش شده است (۳۴).

طیف مادون قرمز جاذب نانو ساختار جاذب سدر نشان داد که پیک موجود در عدد موج $1050/28$ بر سانتی متر مربوط به نوسانات کششی N-H است. در ناحیه $1620/89$ بر سانتی متر نیز وجود پیوندهای نوسانات خمشی N-H مشهود است. پیک جذبی در طول موج $2920/07$ بر سانتی متر به وجود ارتعاش کششی C-N مربوط است. همچنین محدوده $3371/91$ بر سانتی متر ناشی از وجود پیوند H-O-H و نشان دهنده وجود آب در این جاذب است (۳۵).

در مطالعه حاضر طیف‌های FTIR مربوط به جاذب پوسته گردو قبل و بعد از فرآیند جذب ثبت شدند (نمودار ۱ - ب). طیف FTIR بعد از جذب نشان داد که شماره‌های موج و شدت برخی

دوز جاذب، افزایش ۲۰٪ حذف مشاهده گردید (۳۸) مطابقت داشت. در مطالعه حاضر بررسی زمان تماس جاذب با محلول حاوی نیترات نشان داد که با افزایش زمان تماس، جذب نیترات افزایش می‌یابد؛ به طوری که با افزایش زمان تماس از ۱۵ به ۶۰ دقیقه، میزان حذف ۱۰٪ افزایش یافت که دلیل آن می‌تواند افزایش برخورد و تماس آلاینده باشد.

نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه بهاتناگر و همکاران که به بررسی حذف نیترات با استفاده از نانوالومینیوم پرداختند و کارایی حذف نیترات با افزایش زمان تماس افزایش می‌یافت (۳۷)، مطابقت داشت. همچنین در مطالعه حاضر با افزایش غلظت اولیه نیترات، راندمان حذف کاهش می‌یافت؛ به طوری که با افزایش غلظت نیترات از ۱۰ به ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، راندمان حذف در مدت ۱۲۰ دقیقه حدود ۵۰٪ کاهش داشت، که این موضوع با نتایج مطالعه زینگ و همکاران که با هدف جذب نیترات بر روی کاه گندم آمیخته شده با آمین انجام گرفت، همخوانی داشت (۴۱).

نتیجه‌گیری

با توجه به ساده بودن تهیه جاذب پوست سخت گردو، بازیافت بهینه پوست سخت گردو و همچنین هزینه کم تهیه، استفاده از جاذب پوست سخت گردو جهت حذف آلاینده نیترات مؤثر می‌باشد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد وارد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران به دلیل حمایت‌های مادی و معنوی این مقاله از طریق تصویب طرح به شماره‌های ۲۸۴/۹۳ و ۲۸۵/۹۳، تشکر و قدردانی می‌شود.

آنها نوارها را تغییر دادند و یا ناپدید کردند.

بر اساس نتایج آزمون‌های انجام شده در مطالعه حاضر، با افزایش مقدار pH تا ۹، راندمان حذف افزایش می‌یافت و سپس در pH=۱۱ کاهش در میزان حذف مشاهده شد. در این تحقیق بیشترین راندمان حذف نیترات در pH=۹ مشاهده شد که میزان حذف آن برای غلظت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات در مدت زمان ۱۸۰ دقیقه به ترتیب برابر ۸۱، ۷۵، ۷۱، ۶۰، ۵۳ و ۳۴ درصد بود. این نتایج با نتایج مطالعه دمیرال و همکاران که با استفاده از کرین فعال تهیه شده از تفاله نیشکر انجام شد، همخوانی نداشت؛ به طوری که در مطالعه دمیرال و همکاران کارایی حذف نیترات با افزایش pH کاهش می‌یافت و بیشترین حذف در pH=۳ (۴۱/۲٪) به دست آمد (۳۶). همچنین با کارایی جاذب تهیه شده از هسته زیتون در مطالعه قانعیان و همکاران مطابقت نداشت؛ به طوری که pH بهینه مشاهده شده هسته زیتون در مطالعه قانعیان و همکاران ۳ بود (۱۰). در مطالعه بهاتناگر و همکاران نتایج حذف نیترات با نانوالومینا نشان داد که میزان حذف نیترات در pH‌های پایین بسیار مؤثر است؛ به گونه‌ای که بیشترین حذف در دامنه pH ۳ تا ۱۲، در pH=۴/۴ مشاهده شد (۳۷). در مطالعه گلستانی فر و همکاران در بررسی کارایی پودر آلومینیوم در حذف نیترات از محلول‌های آبی، pH بهینه برابر ۱۰ بود که با مطالعه حاضر همخوانی داشت (۳۸). در مطالعه فراستی و همکاران در بررسی تأثیر نانوجاذب‌های گیاهی بر حذف نیترات از محلول آبی، pH بهینه ۶ و نشان‌دهنده یک محیط حدود خنثی بود (۳۹). در مطالعه حاضر بیشترین راندمان حذف با دوز ۸ گرم در لیتر جاذب پوست گردو اتفاق افتاد؛ به طوری که در زمان بهینه ۱۲۰ دقیقه با افزایش میزان جاذب از ۱ تا ۸ گرم در لیتر، میزان جذب ۷۸٪ افزایش یافت. حذف نیترات با استفاده از گل سرخ نشان داد که با افزایش دوز جاذب، میزان درصد حذف نیترات افزایش می‌یابد (۴۰).

نتایج مطالعه حاضر با مطالعه گلستانی فر و همکاران که با استفاده از پودر آلومینیوم در حذف نیترات انجام شد و با افزایش

References

- Mohseni-Bandpi A, Elliott DJ, Zazouli MA. Biological nitrate removal processes from drinking water supply-a review. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2013;11(1):35.
- Zazouli MA, Tilaki RAD, Safarpour M. Modeling nitrate removal by nano-scaled zero-valent iron using response surface methodology. *Health Scope*. 2014;3(3).
- Bhatnagar A, Sillanpää M. A review of emerging adsorbents for nitrate removal from water. *Chemical Engineering Journal*. 2011;168(2):493-504.
- Schick J, Caultel P, Paillaud J-L, Patarin J, Mangold-Callarec C. Batch-wise nitrate removal from water on a surfactant-modified zeolite. *Microporous and Mesoporous Materials*. 2010;132(3):395-400.
- Zazouli MA, Alam Gholilou M. Survey of chemical quality (Nitrate, Flouride, Hardness, Electrical Conductivity) of drinking water in Khoy city. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2013;22(2):80-4.
- Zazouli M, BarafrashtehPour M, BarafrashtehPour Z, Ghalandari V. Temporal and Spatial Variation of Nitrate and Nitrite Concentration in Drinking Water Resource in Kohgiluyeh County Using Geographic Information System. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2014;23(109):258-63.
- Office of Environmental Health Hazard Assessment.
- ISIRI.
- World Health Organization.
- GHANEIAN M, EHRAMPOUSH M, SAFDARI M, EMAMJOMEH M, ASKARISHAHI M. PERFORMANCE OF OLIVE PIT ASH'S IN NITRATE REMOVAL FROM THE AQUEOUS SOLUTIONS. 2014.
- Zazouli M, Safarpour M, Dobaradaran S, Veisi F. Modeling of nitrate removal from aqueous solution by Fe-doped TiO₂ under UV and solar irradiation using response surface methodology. *GLOBAL NEST JOURNAL*. 2015;17(2):379-88.
- Ruppenthal S. Nitrate removal solutions for drinking water: how a flexible approach can deliver reliable results. *American Water Works Association Journal*. 2007;99(6):28.
- Bellona C, Drewes JE, Oelker G, Luna J, Filteau G, Amy G. Comparing nanofiltration and reverse osmosis for drinking water augmentation. *Journal (American Water Works Association)*. 2008;100(9):102-16.
- Nataraj S, Hosamani K, Aminabhavi T. Electrodialytic removal of nitrates and hardness from simulated mixtures using ion-exchange membranes. *Journal of applied polymer science*. 2006;99(4):1788-94.
- Yang GC, Lee H-L. Chemical reduction of nitrate by nanosized iron: kinetics and pathways. *Water research*. 2005;39(5):884-94.
- Aslan S, Türkman A. Biological denitrification of drinking water using various natural organic solid substrates. *Water science and technology*. 2004;48(11-12):489-95.
- Shrimali M, Singh K. New methods of nitrate removal from water. *Environmental pollution*. 2001;112(3):351-9.
- Gatkash mE, Younesi ha, Shahbazi a. Nitrate Removal from Aqueous Solution Using Nanoporous MCM-41 Silica Adsorbent Functionalized with Diamine Group WATER AND WASTEWATER. 2011;25(1):69-76.
- Öztürk N, Bektaş TE. Nitrate removal from aqueous solution by adsorption onto various materials. *Journal of hazardous materials*. 2004;112(1):155-62.
- Shavandi M, Haddadian Z, Ismail M, Abdullah N, Abidin Z. Removal of Fe (III), Mn (II) and Zn (II) from palm oil mill effluent (POME) by natural zeolite. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2012;43(5):750-9.
- Ghazanfari A, Fung J, Panigarhi S, editors. Some Properties of Composites Made from Blends of Date Pits and High Density Polyethylene. ASABE/CSBE North Central Intersectional Meeting; 2006: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Wolfow, a R, Pertile E, Fečko P. Removal of lead from aqueous solution by walnut shell. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. 2013;5(6):159-67.
- Karimi-Jashni A, Saadat S. Investigation of factors affecting removal of nickel by pre-treated walnut shells using factorial design and univariate studies. *Iranian Journal of Science and Technology Transactions of Civil Engineering*. 2014;38(C1+):309.
- Almasi A, Mousavi SA, Hesari A, Janjani H. Walnut shell as a natural adsorbent for the removal of Reactive Red 2 form aqueous solution. 2016.
- El-Hendawy A-NA, Samra S, Girgis B. Adsorption characteristics of activated carbons obtained from corncobs. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2001;180(3):209-21.
- Saeedi M, Jamshidi A, Abessi O, Bayat J. Removal of dissolved cadmium by adsorption onto walnut and almond shell charcoal: Comparison with granular activated carbon (GAC). *J of Water and Wastewater*. 2009;70(2):16-22.
- Zazouli MA, Belarak D, Karimnezhad F, Khosravi F. Removal of fluoride from aqueous solution by using of adsorption onto modified Lemna minor: Adsorption isotherm and kinetics study. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2014;23(109):195-204.
- Gill R, Mahmood A, Nazir R. Biosorption potential and kinetic studies of vegetable waste mixture for the removal of Nickel (II). *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2013;15(2):115-21.

29. Chen H, Zhao J, Dai G, Wu J, Yan H. Adsorption characteristics of Pb (II) from aqueous solution onto a natural biosorbent, fallen Cinnamomum camphora leaves. *Desalination*. 2010;262(1):174-82.
30. Ando T, Jige M, Ueno H, Henmi T, Abidin Z, Matsue N. Evaluation of chemical stability of heavy metals in industrial waste slag by infrared spectroscopy. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2010;12(4):302-7.
31. Takeda H, Hashimoto S, Iwata T, Honda S, Iwamoto Y. Fabrication of bulk materials with zeolite from coal fly ash. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2012;14(4):403-10.
32. Li W, Zhang L, Peng J, Li N, Zhang S, Guo S. Tobacco stems as a low cost adsorbent for the removal of Pb (II) from wastewater: Equilibrium and kinetic studies. *Industrial crops and products*. 2008;28(3):294-302.
33. Arshad M, Beg A, Siddiqui Z. Infrared spectroscopic investigation of tannins. *Macromolecular Materials and Engineering*. 1969;7(1):67-78.
34. Isotherm and Kinetics Study of The Adsorption of Chromium (VI) From Aqueous Solution by Zizyphus Spina-christi Leaves Ash Nanoparticles. *journal of irrigation science and engineering*. 2015;39(4):97-110.
35. DIVBAND HL, BOROOMANDNASAB S, SHIRAZI P, BIBAK HS, MAFIGHOLAMI R. Competitive Effects of Iron, Zinc, and Cadmium Ions on Lead Removal from Aqueous Solutions Using the Nanostructured Ash Cedar Absorbent. *WATER AND WASTEWATER*. 2015;26(3(97)):11-8.
36. Demiral H, Gündüzoğlu G. Removal of nitrate from aqueous solutions by activated carbon prepared from sugar beet bagasse. *Bioresource technology*. 2010;101(6):1675-80.
37. Bhatnagar A, Kumar E, Sillanpää M. Nitrate removal from water by nano-alumina: Characterization and sorption studies. *Chemical Engineering Journal*. 2010;163(3):317-23.
38. Golstanifar H, Nasserli S, Mahvi A, Dehghani M, Asadi A. Evaluation of aluminum powder efficiency in removal of nitrate from aqueous solutions. *Journal of Health*. 2011;2(2):36-44.
39. Farasati M, Jafarzadeh N, Boroomand S, Moazed H, ABEDI KJ, SEYEDIAN M. Use of agricultural nano adsorbents for nitrate removal from aqueous solutions. 2013.
40. Cengeloglu Y, Tor A, Ersoz M, Arslan G. Removal of nitrate from aqueous solution by using red mud. *Separation and Purification Technology*. 2006;51(3):374-8.
41. Xing X, Gao B-Y, Zhong Q-Q, Yue Q-Y, Li Q. Sorption of nitrate onto amine-crosslinked wheat straw: Characteristics, column sorption and desorption properties. *Journal of hazardous materials*. 2011;186(1):206-11.