مجله علمی پژوهان
مقاله پژوهشی
دوره ۱۴، شماره ۳، بهار ۱۳۹۵
صفحات ۳۰ تا ۳۸

حذف سرب از محلولهای آبی الکترولیتیک با استفاده از فرآیند نانوفیلترهای پلی آمیدی تجاری

جواد ترکاشوند[۱]، کاظم گودینی[۲]، قاسم آذریان[۲]، روشنک رضایی کلانتری[۳]، شهربانو یونسی[۱]، میترا غلامی[۳*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقاتی بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲. دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی بهداشت محیط، مرکز پژوهش دانشجویان، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. دانشیار مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقاتی بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

مشخصات مقاله

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۱۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۱۰

واژگان کلیدی

نانوفیلتراسیون
فلز سنگین
سرب
فاضلاب
الکترولیت

نویسنده مسئول

میترا غلامی، دانشیار مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقاتی بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تلفن: ۰۹۱۸۳۱۱۷۷۵۷
ایمیل: Gholamim@tums.ac.ir

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است

چکیده

مقدمه: با توسعه صنایع، ورود مواد سمی و خطرناک مانند فلزات سنگین به محیط زیست افزایش روز افزونی داشته است. سرب از جمله این مواد سمی است که در اغلب پسابهای صنعتی وجود دارد و دارای پتانسیل آلودگی بسیار بالایی است. هدف از این پژوهش، بررسی فرآیند غشایی نانوفیلتراسیون توسط غشاء NF۹۰، در حذف سرب از فاضلاب سنتتیک می باشد.

روش کار: این تحقیق تجربی در مقیاس آزمایشگاهی و به صورت ناپیوسته انجام شد. کلیه متغیرها اعم از غلظت ورودی سرب (۹۰-۱۰ میلیگرم بر لیتر)، فشار (۱۸-۶ بار) و قدرت یونی (۱۵۰-۵۰ میلیگرم بر لیتر کلرید سدیم) به روش آماری یک متغیر در هر بار آزمایش در ۱۵ دوره، به ترتیب در دما و pH ۲۵±۲ درجه سلسیوس و ۵/۴±۰/۱، بهینه شده و راندمان حذف سرب و فلاکس عبوری از غشاء تعیین گردیدند.

یافته ها: نتایج پژوهش نشان داد که با افزایش فشار از ۶ تا ۹ بار میزان حذف سرب افزایش چشمگیری داشته ولی با افزایش فشار از ۹ تا ۱۸ بار، فقط ۱ درصد افزایش راندمان وجود دارد. همچنین با افزایش غلظت سرب در محلول ورودی از ۳۰ تا ۹۰ میلیگرم بر لیتر، راندمان حذف به میزان ۵/۵ درصد کاهش یافت. حضور NaCl موجب افزایش راندمان حذف گرددید بطوریکه حداکثر راندمان حذف (حدوداً ۹۹ درصد) در غلظت ورودی سرب۱۰میلیگرم درلیتر و فشار ۱۸ بار در حضور غلظت ۱۵۰ میلی گرم در لیتر NaCl به دست آمد.

نتیجه گیری: با توجه به کارایی مناسب نانوفیلتراسیون در حذف سرب، این روش میتواند در کاربردهای صنعتی بکار گرفته شود اما بهینه سازی پارامترهای بهره بردای برای فاضلابهای واقعی نیز بسیار ضروری است.

مقدمه

آلودگی آب با فلزات سنگین باعث نگرانی بسیاری ازکشورهای توسعه یافته و در حال توسعه شده است. فلزات سنگین به علت قابلیت کم تجزیه پذیری بیولوژیکی و مقاومت آن در محیط زیست، بسیار مخرب هستند [۱, ۲]. پساب های صنعتی حاوی میزان بالایی از فلزات سنگین از جمله سرب می باشند که بسیار سمی اند. سرب دارای عوارض گوناگونی مانند اختلال در سنتز هموگلوبین و فعالیت های کلیه، ایجاد اختلالات عصبی و رفتاری در کودکان، قولنج سربی، فلج عصبی، ورم کلیه، ایجاد گلبول قرمز هسته دار در خون، افزایش فشار اسید اوریک خون، نقرس سربی و نیز سقط جنین می باشد [۱] و غلظت کم این

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.21859/psj-140330]

آلاینده در خون، موجب اختلالات هوشی در کودکان می گردد [۳]. در دهه گذشته تحقیقات گسترده ای در رابطه با روش های حذف سرب مانند استخراج به کمک حلال، ترکیب شیمیایی، شناورسازی یونی، تبادل یونی، جذب روی جامداتی چون کربن فعال، اکسیدهای فلزی و خاک رس صورت گرفته است [۱، ۳]. فرآیندهای جداسازی توسط غشاء، تکنیک مطمئنی برای جداسازی فلزات سنگین از محلول های آبی می باشند که مطالعات محققین مختلف در سالهای اخیر نیز این مطلب را تایید می نماید [۱، ۳-۷]. یکی از مهمترین دلایلی که سبب افزایش کاربرد فرآیندهای غشایی و جایگزینی آن به جای سایر روشهای تصفیه شده است، وضع قوانین جدید زیست محیطی می باشد. با توجه به قوانین جدید و کاهش حدود مجاز آلاینده ها در محیط زیست، استفاده از روش تصفیه غشایی به دلیل راندمان بالاتر، سادگی بهره برداری، نیاز به فضای بسیار کمتر و همچنین سادگی توسعه آن در آینده توصیه می شود [۸].

Berg و همکاران ۱۹۹۷ در یک مطالعه حذف آفت کش ها و دیگر ریزآلاینده ها را بوسیله نانوفیلتراسیون (Nanofiltration; NF) بررسی کردند. نتایج نشان داد که در pH های خنثی راندمان تقریبا ۱۰۰ درصدی برای مواد آلی قطبی بوسیله این روش قابل دستیابی است [۹]. Tang و Chen از سیستم NF برای تصفیه فاضلاب نساجی استفاده کردند و نتایج حاکی از این بود که در فشار ۵۰۰ kPa رنگ به میزان ۹۸ درصد حذف گردید [۱۰]. Koyuncu و Topacik در سال ۲۰۰۳ اثر سرعت جریان متقاطع و غلظت ورودی را بر روی میزان کارایی سیستم NF در حذف رنگ های راکتیو را بررسی کردند که نتایج نشان داد اگر از غشاهای که حاوی رنگ های سولفون وینیل است استفاده شود میزان حذف ۹۹ درصد قابل دستیابی است [۱۱]. Del Re و Giacomo ۲۰۰۳ از یک سیستم ترکیبی متشکل از NF و اکسیداسیون بحرانی آب برای اکسیداسیون و تخریب مواد آلی سمی از فاضلاب استفاده کردند. آنها گزارش دادند که این سیستم قادر است هم هزینه سرمایه گذاری و هم هزینه بهره برداری را کاهش دهد [۱۲].

در میان فرآیندهای غشایی، NF دارای ترکیبی از مزایای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون می باشد [۱۳]. این فرآیند روش مطمئنی برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب و دیگر اهداف تصفیه فاضلاب است [۱۴]. حذف آلاینده های آلی و غیر آلی از پساب فاضلاب، آب رودخانه ها و دریاچه ها توسط NF در سال های اخیر مورد توجه محققین زیادی قرار گرفته است و دلیل اصلی آن این است که این روش می تواند با استفاده از فشار عملیاتی بسیار پایین و فلاکس جریان بسیار بالا راندمان خوبی در حذف اجزای محلول داشته باشد [۱۵]. لذا با توجه به عدم وجود تحقیقات مشابه در زمینه حذف سرب توسط NF این مطالعه با هدف کاربرد روش NF جهت حذف سرب از محیط های آبی و تعیین تاثیر پارامترهای غلظت ، فشار و قدرت یونی انجام گردید.

روش کار

این پژوهش، یک پژوهش تجربی_آزمایشگاهی جهت حذف آلاینده سرب از پساب های سنتتیک می باشد.

مواد شیمیایی: نیترات سرب ($Pb(NO_3)_2$) و کلرید سدیم (NaCl) با درجه خلوص بالای ۹۹ درصد از شرکت مرک آلمان تهیه شد. برای تهیه محلول استوک، نیترات سرب به آب مقطر دو بار تقطیر (با قابلیت هدایت الکتریکی کمتر از µs/Cm ۰/۰۵۵ و pH=۵/۳) اضافه شد و از آن طی انجام آزمایشات جهت تهیه غلظت های مختلف استفاده گردید.

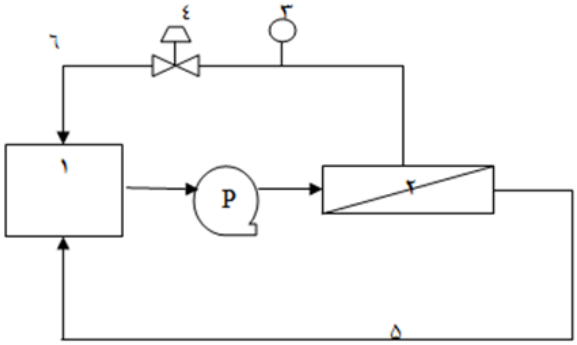
مشخصات پایلوت: آزمایشات بر روی سیستم غشایی در مقیاس پایلوت طبق شکل ۱ انجام گرفت. پایلوت مورد استفاده از اجزای تانک تغذیه، مدول NF، سنسور فشارسنج، شیر تنظیم فشار، خط برگشتی جریان تصفیه شده و خط برگشتی جریان غلیظ تشکیل می گردد. غشای مورد استفاده در این تحقیق غشای پلی آمید NF۹۰ ساخت شرکت فیلم تک آمریکا بود که مشخصات آن در جدول ۱ نشان داده شده است. در غشاء مورد مطالعه دبی عبوری و درصد حذف نمک کلرید سدیم به ترتیب ۱۲/L/min۱و ۹۹/۵ درصد و همچنین حداکثر تحمل کلر آزاد کمتر از ۰/۱ میلیگرم بر لیتر بود [۱۶].

برنامه کاری و روش های آنالیز: کلیه آزمایشات در pH ورودی۵/۴±۰/۱ و دمای محلول ورودی درحدود $^{\circ}C$ ۲۵±۲ انجام گردید. به منظور بررسی تاثیر فشار، غلظت اولیه سرب و

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.21859/psj-140330]

جدول ۱. خصوصیات غشاء مورد استفاده در این مطالعه

پارامتر	مشخصات غشاءNF۹۰
شرکت	Filmtec (Dow-USA)
جنس	غشاء نازک مرکب پلی آمیدی
شکل غشاء	مسطح
سطح فعال غشاء	۱۳۸/۹Cm^2
حداکثر دمای بهره برداری(درجه سانتی گراد)	۳۵ °C
رنج فشار(بار)	۰-۴۱ bar
MW cut-off	۲۰۰ Da
دامنه pH پیوسته در بهره برداری	۳-۹



شکل ۱: پایلوت نانوفیلتراسیون مورد استفاده در این مطالعه (۱-تانک تغذیه ۲-مدول نانوفیلتراسیون ۳- سنسور فشارسنج ۴- شیر تنظیم فشار ۵- خط برگشتی جریان تصفیه شده ۶- خط برگشتی جریان غلیظ)

قدرت یونی، آزمایشات به ترتیب در غلظتهای مختلف ورودی ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰ و۹۰ میلیگرم درلیتر سرب، فشار متفاوت ۶، ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ بار و غلظتهای مختلف کلرید سدیم۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر به روش یک فاکتور در هر آزمایش مورد بررسی قرار گرفت [۱۶، ۱۷]. برای بهینه سازی هر متغیر آزمایشها به مدت ۱۵ دقیقه به طریقه ناپیوسته انجام شد، این زمان با استفاده از فلاکس خروجی ثابت و میزان حذف ثابت تشخیص داده شد. قابل ذکر است که هر دو بخش تصفیه شده و تغلیظ شده به منظور ثابت ماندن میزان غلظت ورودی به مخزن ورودی برگشت داده شدند و نمونه های صاف شده جهت تعیین میزان حذف جمع آوری گردید. تمامی محاسبات براساس متوسط غلظت ورودی و خروجی انجام گرفت. جهت تنظیم pH سیستم بعد از هر بار آزمایش به مدت ۱۵ دقیقه در فشار ۶ بار توسط اسید سیتریک ۱ درصد و NaOH یک نرمال، شستشو و سپس با آب مقطر آب کشی گردید. این روش تا زمان احیای قابلیت نفوذپذیری اولیه غشاء نسبت به آب خالص ادامه داشت، سپس بعد از گذشت ۱۵ دقیقه نمونه ها به میزان حداقل ۱۰۰ سی سی برداشت شد. به منظور تعیین میزان فلاکس عبوری و میزان درصد حذف سرب به ترتیب از معادلات۱ و۲ استفاده گردید [۱۸].

$$J_v = V_p / A.t \quad (۱)$$

$$R(\%) = (1-C_p/C_f)\times 100 \quad (۲)$$

در اینجا J_v نشانگر فلاکس عبوری از غشاء بر حسب $L/m^2.h$ V_p نشانگر حجم آب جمع آوری شده در واحد زمان t بر حسب L/h، A سطح غشاء بر حسب m^2، C_p و C_f به ترتیب نشانگر غلظت مواد آلاینده در آب خروجی از غشاء و آب ورودی به

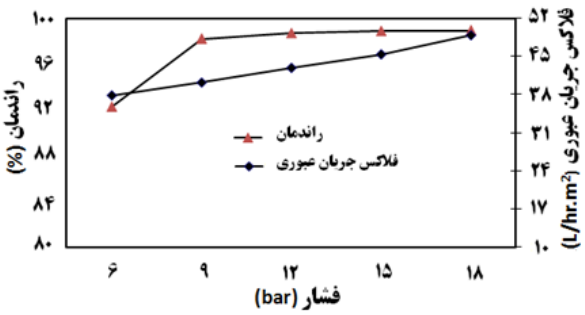
[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.21859/psj-140330]

غشاء می باشد.

در این تحقیق pH با استفاده از دستگاه pH متر پرتابل HACH (مدل Sension HACH ۴ ساخت کشورآلمان) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری یون فلزی سرب از دستگاه جذب اتمی (مدل Thermo Jarrell Ash ساخت کشور آمریکا)، مطابق با دستورالعمل های موجود در کتاب روش‌های استاندارد جهت انجام آزمایشات آب و فاضلاب به شماره آزمون ۳۱۱۱ B، استفاده شد [۱۹].

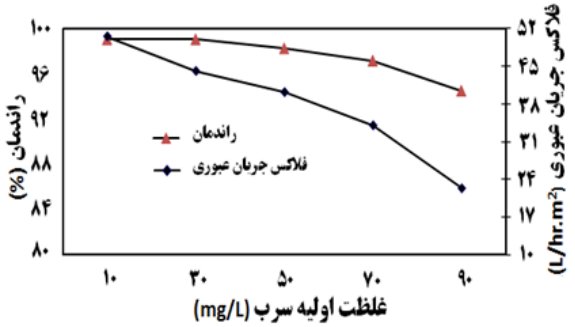
یافته ها

تاثیر فشار: برای بررسی تاثیر فشار، جهت مشخص کردن روند تاثیر تغییرات فشار در راندمان حذف سرب توسط NF میزان غلظت سرب به مقدار ۵۰ میلی گرم بر لیتر ثابت نگه داشته شد. یافته ها نشان داد میزان فلاکس غشاء با افزایش فشار از ۶ تا ۱۸ بار، به صورت خطی از ۳۷/۸۵L/hr.m^2 به ۴۸/۵۶L/hr.m^2 افزایش می یابد (شکل ۲). همچنین با افزایش فشار از ۶ تا ۹ بار، راندمان حذف از ۹۲/۳ درصد به ۹۸/۲ درصد افزایش یافته و میزان سرب در محلول خروجی به ۰/۸۹۹ میلی گرم در لیتر می رسد. روند میزان حذف سرب از فشار ۹ تا ۱۸ بار قابل ملاحظه نمی باشد، بطوریکه میزان حذف در فشار ۹ بار، ۹۸/۲ درصد و در فشار ۱۸ بار تا ۹۸/۹۲ درصد افزایش می باشد.



شکل ۲. تاثیر تغییرات فشار بر فلاکس و راندمان حذف سرب درغلظت اولیه سرب ۵۰mg/L، pH=۵/۴، دمای ۲۵ °C و دبی ۱۲/۱ L/min

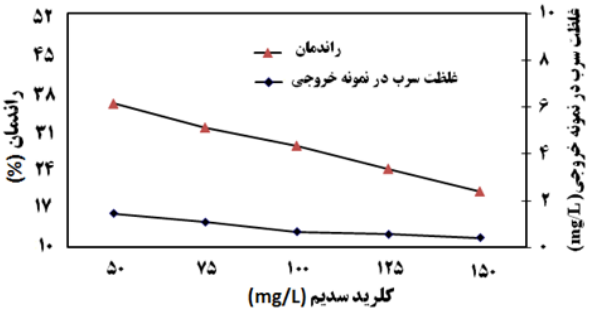
اثر غلظت سرب: با توجه به اینکه روند افزایش راندمان حذف از فشار ۹ تا ۱۸ بار، بسیار ناچیز بود و همچنین با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی و افزایش میزان مصرف انرژی با افزایش فشار، فشار ۹ بار به عنوان فشار بهینه در نظر گرفته شد و تغییرات میزان غلظت سرب ورودی بر راندمان حذف در فشار ۹ بار بررسی گردید. شکل ۳ نشان دهنده تاثیر تغییرات غلظت بر میزان حذف سرب و فلاکس جریان عبوری از غشاء می باشد. همانطوری که مشخص است میزان حذف سرب با افزایش غلظت از ۱۰ تا ۹۰ میلی گرم در لیتر، از ۹۹ درصد به ۹۴/۴۵ درصد کاهش یافت. همچنین با افزایش غلظت ورودی



شکل ۳. تاثیر تغییرات غلظت اولیه سرب بر فلاکس و راندمان حذف سرب درفشار ۹بار، pH=۵/۴، دمای ۲۵ °C و دبی ۱۲/۱ L/min

سرب، فلاکس خروجی از غشاء کاهش یافت.

تاثیر غلظت الکترولیت: جهت بررسی تاثیر قدرت یونی در میزان حذف سرب، آزمایشها در غلظت های ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر NaCl و شرایط غلظت اولیه سرب ۵۰ میلیگرم در لیتر، pH=۵/۴، دمای ۲۵ °C و دبی ۱۲/۱ L/min انجام گرفت (شکل۴). با توجه به نتایج به دست آمده حضور ۵۰ میلی گرم در لیتر NaCl باعث افزایش میزان حذف سرب از میزان ۹۸/۲ درصد به ۹۸/۳۷ درصد می گردد. از طرف دیگر، افزایش غلظت NaCl از ۵۰ میلی گرم در لیتر به ۱۵۰ میلی گرم در لیتر نیز موجب افزایش میزان حذف از ۹۸/۳۷ درصد به ۹۹/۵۲ درصد می شود بطوریکه غلظت سرب از میزان ۵۰ میلی گرم در لیتر در ورودی به ۰/۴۳۱ میلی گرم در لیتر در



شکل ۴: تاثیر تغییرات غلظت NaCl بر میزان حذف سرب در غلظت اولیه سرب ۵۰mg/L، pH=۵/۴، دمای ۲۵ °C و دبی ۱۲/۱ L/min

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.21859/psj-140330]

خروجی کاهش می یابد.

بحث

تاثیر فشار: در این مطالعه با افزایش فشار، فلاکس به صورت خطی باقی می ماند. خطی بودن رابطه فشار و فلاکس، می تواند نشان دهنده عدم وجود پلاریزاسیون غلظتی در محدوده فشار ۱۵-۶ بار و غلظت سرب ۹۰-۱۰ میلی گرم در لیتر باشد. در مطالعات دیگران نیز مشخص شده است که در حذف فلزات سنگین خطی بودن رابطه فشار و فلاکس، می تواند نشان دهنده عدم ایجاد پدیده پلاریزاسیون غلظتی در حذف فلزات سنگین باشد [۱، ۵، ۲۰]. در بررسی که بر روی حذف روی توسط NF انجام شد، این رابطه به صورت خطی نبوده و پلاریزاسیون غلظتی با افزایش فشار افزایش یافت که دلیل آن را میتوان به غلظت بالای آلاینده (بیش از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) نسبت داد [۲۱]. شکل ۲ به خوبی نشان می دهد که راندمان حذف سرب با افزایش فشار افزایش می یابد، همچنین افزایش حذف فلز روی توسط غشای نانومکس ۵۰ (Nanomax ۵۰)، با افزایش فشار از ۲ تا ۱۵ بار می تواند به دلیل افزایش فلاکس عبوری حلال و کوپل شدن ماده حل شده با حلال باشد. علاوه بر این افزایش فلاکس منجر به افزایش فلاکس ماده حل شونده می گردد و در نهایت سبب رقیق شدن محلول خروجی و افزایش راندمان حذف می شود [۵]. همچنین در مطالعات انجام شده بر روی حذف فلزات سنگین نیکل، مس و کروم توسط غشای ES۲۰ دلیل افزایش راندمان حذف نیکل، مس و کروم توسط غشای ES۲۰ با افزایش فشار از ۱۰۰ به ۵۰۰ کیلوپاسکال را به علت کاهش اندازه متوسط حفره های سطح غشاء و افزایش جذب ترجیحی آب خالص در فشار بالا عنوان نموده است. به عنوان مثال قابلیت نفوذ پذیری حلال در فشار بالا در مقایسه با ماده حل شدنی بیشتر است که منجر به افزایش میزان حذف می گردد [۲۲].

اثر غلظت سرب: در مطالعه حاضر نتایج نشان داد که با تغییرات غلظت سرب در محدوده ۹۰-۱۰ میلیگرم در لیتر و در فشار ثابت، میزان فلاکس جریان عبوری از غشاء کاهش می یابد. علت تاثیر معکوس افزایش غلظت سرب بر میزان فلاکس را می توان به افزایش اختلاف غلظت بین دو طرف غشاء و به دنبال آن افزایش فشاراسمزی که درمقابل جریان تصفیه شده ایجاد می شود نسبت داد. این نتایج با تحقیقات دیگری در این زمینه هم خوانی دارد. در بررسی حذف فلزات سنگین توسط NF و همچنین در بررسی حذف کادمیوم و سرب توسط غشای NF ، میزان فلاکس عبوری از غشاء با افزایش غلظت کاهش یافت. دلیل این امر افزایش پلاریزاسیون غلظتی در اثر افزایش غلظت ورودی می باشد، علاوه بر آن با افزایش غلظت آلاینده دافعه بین مولکولی بیشتر شده درنتیجه باعث کاهش میزان فلاکس می گردد [۲۲، ۲۵]. حذف مس توسط سه غشاء NF۴۵، NF۲۷۰ و Desal-5DK نیز موید ایجاد فشار اسمزی و تغییر در ویسکوزیته محلول بود [۲۶]. همانطوری که در شکل ۳ نیز قابل مشاهده است، افزایش غلظت اولیه سرب باعث کاهش راندمان حذف در حدود ۵/۵ درصد گردیده است. طبق نتایج مطالعه دیگر در این زمینه، راندمان حذف سولفات کادمیوم و سولفات نیکل نیز با افزایش غلظت از ۵۰ تا ۲۵۰ میلی گرم در لیتر، از ۸۰ درصد به ۶۰ درصد کاهش یافت [۵]. علت کاهش حدود ۵ درصد راندمان حذف را میتوان به پدیده غربالگری نسبت داد بدین معنی که افزایش غلظت باعث افزایش حضور کاتیون ها در اطراف غشاء شده که سبب خنثی سازی بار غشاء و در نتیجه سبب کاهش دافعه بین غشاء و کاتیونها می گردد [۵]. مرتضوی و همکاران ۲۰۱۰ چنین نتیجه می گیرند که با افزایش غلظت کروم ۳ ظرفیتی میزان جذب کاتیون کروم ۳ ظرفیتی بر روی سطح غشاء که بارش منفی است بالا می رود و باعث اشباع شدنش می گردد و یک لایه نازک کاتیونی بر روی سطح ایجاد می گردد که این امر نیروی الکترواستاتیکی سطح غشاء (بار منفی غشاء) را کاهش می دهد که در نهایت باعث کاهش جذب کاتیون ورودی می گردد [۲۷]. مطالعه حذف کادمیوم توسط غشای NF۳۰۰ نشان داد که کاهش راندمان حذف از ۷۹ درصد به ۵۱ درصد در فشار ۴ اتمسفر با افزایش غلظت از ۵ به ۲۵۰ میلی گرم در لیتر به دلیل مقدار بیشتر انتقال نفوذی مواد محلول از میان غشاء نسبت به انتقال همرفتی می باشد [۲۸]. همچنین علت کاهش راندمان حذف آرسنیک ۳ ظرفیتی توسط NF از ۲۸ درصد به ۵ درصد، به افزایش پدیده نفوذ و همرفت ارتباط داده شده است [۲۹].

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.21859/psj-140330]

تاثیر غلظت الکترولیت: نتایج نشان داد که حضور NaCl موجب افزایش راندمان حذف سرب می گردد در مطالعات انجام شده بر روی حذف سولفات، نیترات و کلراید کادمیوم توسط غشای پلی آمیدی TFCS، نشان داده شده است که افزودن نیترات سدیم به علت تشکیل لایه نازک کاتیون های سدیم بر روی غشاء، کاهش بار منفی و به دنبال آن کاهش اثرات الکترواستاتیکی غشاء را به دنبال داشته در نتیجه میزان حذف کادمیوم افزایش می یابد. علت افزایش راندمان حذف با افزایش غلظت کلرید سدیم از ۵ تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر میتواند به دلیل افزایش پلاریزاسیون غلظتی با افزایش غلظت باشد. که در نهایت باعث افزایش دافعه بین مولکولی و میزان حذف بیشتر گردد [۳۰]. نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد غشاء پلی آمیدی NF از راندمان بسیار خوبی برای حذف فلزات سنگین بخصوص سرب برخوردار است اما برای عملیاتی کردن این سیستم بررسی پارامترهایی مانند دما، دبی و TDS برای ثبات راندمان بسیار اهمیت دارد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که با افزایش فشار تا ۹ بار بالاترین کارایی حذف سرب توسط غشاء NF بیش از ۹۹ درصد بدست می آید در صورتی که افزایش غلظت اولیه ورودی سرب سبب کاهش راندمان می گردد. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که حضور NaCl موجب افزایش راندمان حذف می گردد. و در کل می توان نتیجه گیری کرد که فن آوری NF روش مناسبی برای حذف سرب از پسابهای صنعتی است و باتوجه به اینکه کارایی حذف سرب توسط غشاء NF در فشار ۹ بار بیش از ۹۹ درصد است کاربری این سیستم به لحاظ مصرف انرژی مقرون به صرفه می باشد.

قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد به شماره ۱۸۷۶۷۵۶ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران اجرا شده است، نویسندگان برخود لازم می دانند، از حمایت های مادی و معنوی دانشگاه و سایر عزیزانی که ما را در انجام این پژوهش یاری رساندند تشکر و قدردانی نماید.

تضاد منافع

این مطالعه برای نویسندگان هیچ گونه تضاد منافعی نداشته است.

References

1. Bouranene S, Fievet P, Szymczyk A, Samar ME-H, Vidonne A. Influence of operating conditions on the rejection of cobalt and lead ions in aqueous solutions by a nanofiltration polyamide membrane. Journal of Membrane Science. 2008;325(1):150-157.

2. Andreu V, Gimeno-García E, Pascual J, Vazquez-Roig P, Picó Y. Presence of pharmaceuticals and heavy metals in the waters of a Mediterranean coastal wetland: Potential interactions and the influence of the environment. Science of the Total Environment. 2016;540:278-286.

3. Halttunen T, Salminen S, Tahvonen R. Rapid removal of lead and cadmium from water by specific lactic acid bacteria. International Journal of Food Microbiology. 2007;114(1):30-35.

4. Ilhan S, Nourbakhsh MN, Kiliçarslan S, Ozdag H. Removal of chromium, lead and copper ions from industrial waste waters by Staphylococcus saprophyticus. Turkish Electronic Journal of Biotechnology. 2004;2(2):50-57.

5. Frarès NB, Taha S, Dorange G. Influence of the operating conditions on the elimination of zinc ions by

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.21859/psj-140330]

nanofiltration. Desalination. 2005;185(1):245-253.
6. Ipek U. Removal of Ni (II) and Zn (II) from an aqueous solutionby reverse osmosis. Desalination. 2005;174(2):161-169.
7. Nguyen CM, Bang S, Cho J, Kim K-W. Performance and mechanism of arsenic removal from water by a nanofiltration membrane. Desalination. 2009;245(1):82-94.
8. Fu F, Wang Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. Journal of Environmental Management. 2011;92(3):407-18.
9. Berg P, Hagmeyer G, Gimbel R. Removal of pesticides and other micropollutants by nanofiltration. Desalination. 1997;113(2):205-208.
10. Tang C, Chen V. Nanofiltration of textile wastewater for water reuse. Desalination. 2002;143(1):11-20.
11. Koyuncu I, Topacik D. Effects of operating conditions on the salt rejection of nanofiltration membranes in reactive dye/salt mixtures. Separation and Purification Technology. 2003;33(3):283-294.
12. Del Re G, Di Giacomo G, Spera L, Vegliò F. Integrated approach in the biotreatment of starch wastes by Rhizopus oligosporus: kinetic analysis. Desalination. 2003;156(1):389-396.
13. Qdais HA, Moussa H. Removal of heavy metals from wastewater by membrane processes: a comparative study. Desalination. 2004;164(2):105-110.
14. Muthukrishnan M, Guha B. Heavy metal separation by using surface modified nanofiltration membrane. Desalination. 2006;200(1):351-353.
15. Kim S, Ozaki H, Kim J. Effect of pH on the rejection of inorganic salts and organic compound using nanofiltration membrane. Korean Journal of Chemical Engineering. 2006;23(1):28-33.
16. Asgari G, Seid Mohammadi A, Azarian G, Zivari Mehranfar M. Performance of granular zero-valent magnesium in simultaneous reduction of hexa-valent chromium and nitrate in aqueous solutions. Pajouhan Scientific Journal. 2015;13(4):9-18. (Persian)
17. Rahmani A, Shanesaz S, Godini K, Azarian G. Electro-oxidation process performance in treatment of the effluent from a raisin cleaning factory in Malayer city. Pajouhan Scientific Journal. 2015;14(1):30-38. (Persian)
18. Crittenden JC, Trussell RR, Hand DW, Howe KJ, Tchobanoglous G. MWH's Water Treatment: Principles and Design: Principles and Design. New York:John Wiley & Sons;2012.
19. Association APH, Association AWW, Federation WPC, Federation WE. Standard methods for the examination of water and wastewater: Washington:American Public Health Association;2005.
20. Szöke S, Pátzay G, Weiser L. Cobalt (III) EDTA complex removal from aqueous alkaline borate solutions by nanofiltration. Desalination. 2005;175(2):179-185.
21. Xu X, Spencer H. Transport of electrolytes through a weak acid nanofiltration membrane: effect of pH, ionic strength and solute type. Journal of Membrane Science. 1999;158:93-104.
22. Ozaki H, Sharma K, Saktaywin W. Performance of an ultra-low-pressure reverse osmosis membrane (ULPROM) for separating heavy metal: effects of interference parameters. Desalination. 2002;144(1):287-294.
23. Ahn K-H, Song K-G, Cha H-Y, Yeom I-T. Removal of ions in nickel electroplating rinse water using low-pressure nanofiltration. Desalination. 1999;122(1):77-84.
24. Gonzalez-Munoz MJ, Rodríguez MA, Luque S, Alvarez JR. Recovery of heavy metals from metal industry waste waters by chemical precipitation and nanofiltration. Desalination. 2006;200(1):742-744.
25. Muthukrishnan M, Guha B. Effect of pH on

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.21859/psj-140330]

rejection of hexavalent chromium by nanofiltration. Desalination. 2008;219(1):171-178.

26. Tanninen J, Mänttäri M, Nyström M. Nanofiltration of concentrated acidic copper sulphate solutions. Desalination. 2006;189(1):92-96.

27. Mortazavi B, Barikbin B, Moussavi GR. Survey of Nano filtration Performance for Hexavalent Chromium Removal fromWater Containing Sulfate. Iranian Journal of Health and Environment. 2010;3(3):281-290.

28. Chaudhari LB, Murthy Z. Separation of Cd and Ni from multicomponent aqueous solutions by nanofiltration and characterization of membrane using IT model. Journal of Hazardous Materials. 2010;180(1):309-315.

29. Seidel A, Waypa JJ, Elimelech M. Role of charge (Donnan) exclusion in removal of arsenic from water by a negatively charged porous nanofiltration membrane. Environmental Engineering Science. 2001;18(2):105-113.

30. Ballet GT, Gzara L, Hafiane A, Dhahbi M. Transport coefficients and cadmium salt rejection in nanofiltration membrane. Desalination. 2004;167:369-376.

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.21859/psj-140330]

Pajouhan Scientific Journal
Research Article
Vol 14, No 3, Spring 2016

Lead removal from electrolytic aqueous solutions using nanofiltration process equipped with a commercial polyamide membrane

Javad Torkashvand[1], Kazem Godini[2], Ghasem Azarian[2], Roshanak Rezaei Kalantary[3], Shahrbano Younesi[1], Mitra Gholami[3*]

1. MSc in Environmental Health Engineering, School of Public Health and Institute of Public Health Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Ph.D. Student of Environmental Health Engineering, Students Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Associated Professor in Environmental Health Engineering, School of Public Health and Institute of Public Health Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Article Info

Recieved: 31 Dec. 2015
Accepted: 30 May 2016

Keywords

Nanofiltration
Heavy metal
Lead
Wastewater
Electrolyte

Corresponding Author

Mitra Gholami, Associated Professor in Environmental Health Engineering, School of Public Health and Institute of Public Health Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Tel: +989183117757
Email: Gholamim@tums.ac.ir

Citation

Torkashvand J, Godini K, Azarian Gh, Rezaei Kalantary R, Younesi Sh, Gholami M.[Lead removal from electrolytic aqueous solutions using nanofiltration process equipped with a commercial polyamide membrane]. Pajouhan Scientific Journal. 2016;14(3):30-38

Abstract

Introductions: Development of enormous industries has resulted in the entrance of dangerous and toxic compounds such as heavy metals into the environment polluting water bodies. Lead, which exists in most of industrial effluents, has a high contamination potential. In the present work, performance of nanofilteration (NF) membrane (NF 90) has been studied to separate lead from synthetic wastewater.

Methods: The present research was conducted experimentally in a batch reactor. All of the parameters including Pb concentration (10-90 mg/L), pressure (6-18 bar) and ionic power (50-150 mg/L of NaCl) were optimized by the Methods**:** one at a time in 15 times and within a fixed temperature (25± 2 °C) and pH (5.4± 0.1). Also, the removal efficiency of Pb and permeate flux were detected.

Results: The findings showed that the removal efficiency went up dramatically when pressure was raised from 6 to 9 bar. But 1% increase was observed in efficiency with increasing pressure from 9 to 18 bar. Besides, the efficiency decreased by 5.5% with increasing initial lead concentration. It was also found that the efficiency increased in the presence of NaCl. The highest removal efficiency (over 99%) was achieved at initial lead concentration of 10 mg/L, pressure of 18 bar and NaCl concentration of 150 mg/L.

Conclusion: Since this technique can remove Pb, it can be applied in industrial applications. Of course, in the case of real wastewaters, operating parameters are required to be optimized.

© 2016 Pajouhan Scientific Journal. All right reserved

[Downloaded from psj.umsha.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.21859/psj-140330]