



بررسی کارایی نانو فیلتر در حذف کلسیم و منیزیم از نمونه مصنوعی آب در شرایط بهره برداری مختلف

نویسندگان: محمد ملکوتیان* امیر حسین محوی** علی فاتحی زاده*** محمد حسن
احرامپوش****

*نویسنده مسئول: استاد دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان،

تلفن: ۰۳۴۱ ۳۲۰ ۵۰۷۴ Email: m.malakootian@yahoo.com

** استادیار گروه بهداشت محیط دانشگاه تهران

*** کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان

**** دانشیار گروه بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد

چکیده

سابقه و اهداف: روش های مختلفی برای حذف یا کاهش سختی وجود دارد که هر کدام دارای معایب و مزایایی می باشد. فرایند نانو فیلتراسیون به علت سادگی و کارایی بالا توجه زیادی را به خود معطوف داشته است و در حذف یون های مختلف و مواد آلی مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از این پژوهش، بررسی کارایی نوعی غشای نانو فیلتر در حذف یون های کلسیم و منیزیم مولد سختی از نمونه مصنوعی آب در شرایط بهره برداری مختلف است.

روش بررسی: پژوهش مطالعه ای تجربی که در مقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از پایلوت نانو فیلتر تجاری انجام شد. آزمایشات با استفاد از پایلوت نانو فیلتر در غلظت های اولیه کلسیم برابر ۲۸۰، ۳۰۰، ۳۲۰، ۳۴۰ و ۳۶۰ mg/L و غلظت های اولیه منیزیم برابر ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰ mg/L با میزان جریان های (Q₁) ۰/۴ L/min و (Q₂) ۰/۸ L/min انجام گرفت. جهت بررسی تاثیر کاتیون ها و آنیون های همراه با کلسیم و منیزیم بر کارایی نانو فیلتر، یون های سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم (به عنوان کاتیون) و یون های کلراید، نترات و سولفات (به عنوان آنیون) انتخاب شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اولیه کلسیم و منیزیم در نمونه، کارایی نانو فیلتر در حذف کلسیم و منیزیم کاهش یافت. با افزایش غلظت اولیه کلسیم از ۲۸۰ mg/L به ۳۶۰ mg/L راندمان حذف به ترتیب از ۶۹/۰۸٪ به ۶۱/۲۵٪ در صد و با افزایش غلظت اولیه منیزیم از ۶۰ mg/L به ۱۴۰ mg/L راندمان حذف به ترتیب از ۷۰/۰۵ به ۶۲/۲۵٪ در صد کاهش رسید. به علاوه، با تغییر میزان جریان عبوری از غشا از ۰/۴ L/min به ۰/۸ L/min، راندمان حذف کلسیم و منیزیم توسط نانو فیلتر حدود ۵٪ کاهش داشت. بیشترین تاثیر ناشی از آنیون ها و کاتیون های همراه با کلسیم و منیزیم به ترتیب مربوط به سولفات و کاتیون های دو ظرفیتی بوده و کمترین تاثیر مربوط به آنیون کلراید و کاتیون سدیم بود.

نتیجه گیری: بر اساس نتایج بدست آمده، فرایند نانو فیلتر می تواند به عنوان روشی موثر و مناسب برای حذف یون های مولد سختی (کلسیم و منیزیم) مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: حذف سختی، نانو فیلتر، تصفیه آب

طلوع بهداشت

فصلنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال نهم

شماره: چهارم

زمستان ۱۳۸۹

شماره مسلسل: ۳۰

تاریخ وصول: ۱۳۸۹/۱۰/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۱۷

**مقدمه**

آب سخت دشواری های زیادی برای صنعت و مصارف شستشو به وجود می آورد. به جز کلسیم و منیزیم، آهن، منگنز، استرانسیم و برخی فلزات دیگر نیز می توانند باعث سختی آب شوند. اما چون در مقایسه با کلسیم و منیزیم مقادیر کمتری را شامل می شوند قابل چشم پوشی است (۱ و ۲). با توجه به نوع مصرف، در موارد بسیاری حذف سختی ضرورت می یابد (۳). روشهای مختلفی برای سختی زدایی وجود دارد. از جمله استفاده از مواد شیمیایی، رزین های تبادل یونی و الکترو دیالیز است (۴ و ۵). کاربرد هر یک از این روش ها اثرات نامطلوب جنبی بر کیفیت آب مصرفی دارد. در فرایند تبادل یون غلظت سدیم آب افزایش می یابد که برای بیماران قلبی و مبتلا به فشار خون که از رژیم محدود سدیم استفاده می کنند، مضر می باشد (۶). استفاده از آهک به عنوان نرم کننده خود سبب افزایش میزان سختی دائم آب می شود و از طرفی مقدار زیاد لجن تولیدی سبب گرفتگی و کثیف شدن صافی ها و سیستم های توزیع آب می گردد. طرز کار با دستگاه های مذکور به مهارت زیاد و به افزودن مقادیر مشخص و تعیین شده ای از آهک و کربنات سدیم به سیستم نیاز دارد (۷). در فرایند آهک زنی، مواد منعقد کننده ای مانند آلوم و کلراید آهن استفاده می شود تا ذرات نامحلول سنگین شده و در نتیجه سرعت ته نشینی افزایش یابد (۳). این امر علاوه بر هزینه های اقتصادی، اثرات نامطلوب بهداشتی مثل افزایش احتمال ایجاد بیماری آلزایمر را نیز به دنبال خواهد داشت. از طرفی استفاده از آهک خود نیز

باعث افزایش pH آب می شود. برای تاثیر بهتر کلر در مرحله گندزدایی، بایستی pH آب بعد از سختی گیری به زیر ۷/۸ کاهش یابد که مصرف اسید جهت تنظیم pH را افزایش می دهد (۸ و ۹). استفاده از مواد منعقد کننده علاوه بر افزایش میزان لجن، جامدات پساب را نیز افزایش می دهند (۸). از فرایند جذب نیز برای حذف سختی استفاده شده که این فرایند به علت از بین رفتن جاذب در طی کارکرد آن و لزوم شستشوی معکوس کمتر مورد توجه است (۹ و ۵). فرایند های غشائی یک روش غیر گرمایی است که از یک محلول نمکی، آب را احیا می نماید (۱۰). غشاها را براساس قطر منافذ آنها به صورت میکروفیلتر، اولترا فیلتر، نانوفیلتر و اسمز معکوس تقسیم بندی می کنند (۳). ویژگی های بی نظیر غشاهای نانو دارا بودن گروه هایی با بار الکتریکی روی سطح غشا و قطر منافذ کمتر از ۱ نانومتر است (۱۱). فرایند نانو فیلتراسیون (NF) بعلاوه بهره برداری قابل اعتماد و انرژی مورد نیاز کم، برای تصفیه آب مورد توجه است (۱۴ و ۱۲). مطالعات حاکی از آن است که مواد آلی طبیعی و رنگ از آب توسط غشا های نانو به خوبی قابل حذف می باشند (۱۶ و ۱۵). توانایی حذف مواد آلی و غیر آلی به همراه حذف سختی در یک مرحله باعث شده تا بتوان در فرایند های مختلف تصفیه آب را با یک واحد غشایی جایگزین نمود. این امر خود باعث افزایش علاقه محققان و شرکت های آب و فاضلاب به سرمایه گذاری و پژوهش های بیشتر در زمینه انواع غشاها و کاربرد های جدید غشاها مانند کاربرد به عنوان گندزدایی به علت حذف



جدول ۱: خصوصیات غشای مورد استفاده در پایلوت

پلی آمید	ماده سازنده
۸-۱۶	حداکثر فشار بهره برداری (بار)
۴۵	حداکثر دمای بهره برداری (°C)
۴-۱۱	دامنه بهره برداری pH
منفی	بار سطحی
۲۷۰	قطر اسمی حد (Da)
۰/۸ (lit/min)	ظرفیت اسمی

برای تعیین راندمان حذف از رابطه زیر استفاده استفاده شد:

$$RE(\%) = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100$$

در رابطه فوق، C_0 : غلظت در آب تغذیه، C_1 : غلظت در آب تولیدی است.

کاربرد نانوفیلتر

آزمایشات با عبور نمونه های سنتتیک آب از نانو فیلتر در غلظت های اولیه کلسیم برابر ۲۸۰، ۳۰۰، ۳۲۰، ۳۴۰ و ۳۶۰ mg/L و غلظت های اولیه منیزیم برابر ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰ mg/L با میزان جریان های (Q₁) ۰/۴ L/min و (Q₂) ۰/۸ L/min انجام گرفت. جهت بررسی تاثیر کاتیون ها و آنیون های همراه، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلراید، نیترات و سولفات انتخاب شد.

یافته ها

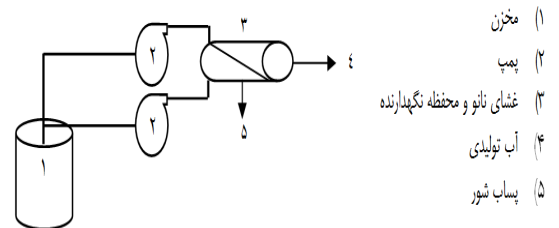
نتایج حاصل از بررسی تاثیر غلظت اولیه کلسیم و میزان جریان عبوری از غشا بر کارایی نانو فیلتر در حذف کلسیم در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اولیه کلسیم، کارایی نانو فیلتر در حذف کلسیم کاهش یافت، بگونه ای که با

ویروس ها، حذف آفت کش ها و ریز آلاینده ها، سختی، نیترات، اکثر فلزات سنگین مانند آرسنیک و بازیابی آب شده است (۱۷ و ۲۳).

هدف از این پژوهش، بررسی کارایی نوعی غشای نانو فیلتر در حذف یونهای کلسیم و منیزیم مولد سختی از نمونه مصنوعی آب در شرایط بهره برداری مختلف است.

روش بررسی

پژوهش حاضر، مطالعه ای تجربی که در مقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از پایلوت نانو فیلتر انجام شد و در کل بیش از ۷۵ نمونه مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۱ شمایی از فرایند اعمال شده در پایلوت با غشا نانوفیلتر و در جدول ۱ خصوصیات غشاء نانو آمده است. برای ساخت محلول های منیزیم و کلسیم از نمک های $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ، $MaCl_2 \cdot 6H_2O$ استفاده شده است. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده دارای درجه خلوص آزمایشگاهی بوده و از شرکت مرک خریداری شد. کلیه مراحل آزمایش در دمای 20 ± 0.5 درجه سانتی گراد، میزان بازیابی آب ۴۵٪ و فشار ۸ بار انجام شد. روش اندازه گیری کلسیم (روش تیتراسیون) و منیزیم (روش محاسبه) از کتاب روش های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب اقتباس گردید (۲۴).



شکل ۱: فرایند جریان در پایلوت و موقعیت غشاء



نتایج حاصل از بررسی تاثیر کاتیون های همراه با کلسیم و منیزیم در شکل های ۲ و ۳ آمده است. نتایج نشان داد که با افزوده شدن کاتیون های همراه، راندمان حذف غشای نانو در حذف کلسیم و منیزیم کاهش یافت. بیشترین تاثیر مربوط به یون های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم و کمترین تاثیر مربوط به یون تک ظرفیتی سدیم بود.

نتایج حاصل از بررسی تاثیر آنیون های همراه با کلسیم و منیزیم در شکل های ۴ و ۵ آمده است. بر اساس این نتایج، با افزایش شعاع یونی آنیون همراه با کلسیم و منیزیم، راندمان غشای نانو فیلتر در حذف کلسیم و منیزیم کاهش یافت. بیشترین کاهش راندمان مربوط به آنیون دو ظرفیتی سولفات و کمترین کاهش راندمان مربوط به آنیون همراه کلراید است که شعاع یونی کوچکتری نسبت به آنیون سولفات دارد.

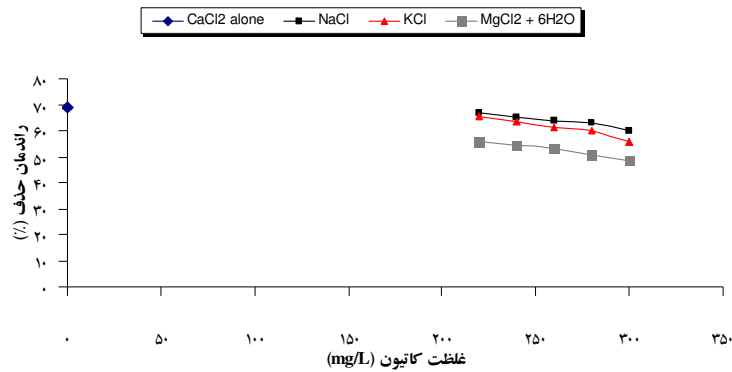
افزایش غلظت اولیه کلسیم از ۲۸۰ mg/L به ۳۶۰ mg/L راندمان حذف از ۶۹/۰۸٪ به ۶۱/۲۶٪ کاهش یافت.

همچنین با افزایش میزان جریان عبوری از غشا، راندمان حذف کلسیم حدود ۵٪ کاهش داشت و از ۶۹/۰۸٪ به ۶۳/۳۶٪ کاهش یافت.

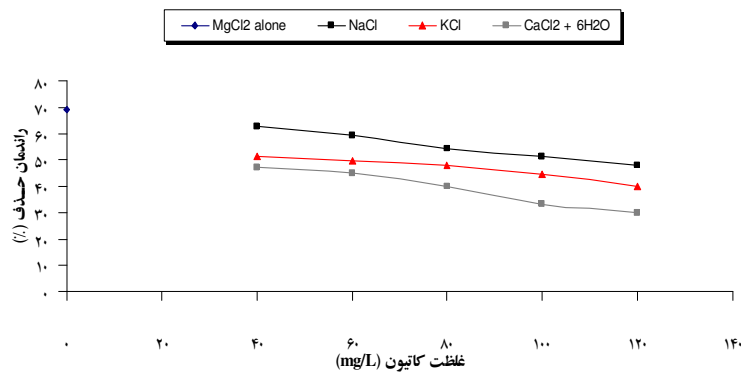
نتایج حاصل از بررسی تاثیر غلظت اولیه منیزیم و میزان جریان عبوری از غشا بر کارایی نانو فیلتر در حذف منیزیم را نشان می دهد. که با افزایش غلظت اولیه منیزیم، کارایی نانو فیلتر در حذف منیزیم کاهش یافت، بگونه ای که با افزایش غلظت اولیه منیزیم از ۶۰ mg/L به ۱۴۰ mg/L راندمان حذف آن از ۶۹/۰۹ به ۶۱/۶۶٪ کاهش یافت. همچنین با افزایش میزان جریان عبوری از غشا، راندمان حذف منیزیم حدود ۵٪ کاهش داشت و از ۶۹/۰۹٪ به ۶۵/۸۴٪ رسید (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج حاصل از بررسی تاثیر غلظت اولیه کلسیم . منیزیم و میزان جریان عبوری از غشا بر کارایی نانو فیلتر در حذف کلسیم و منیزیم

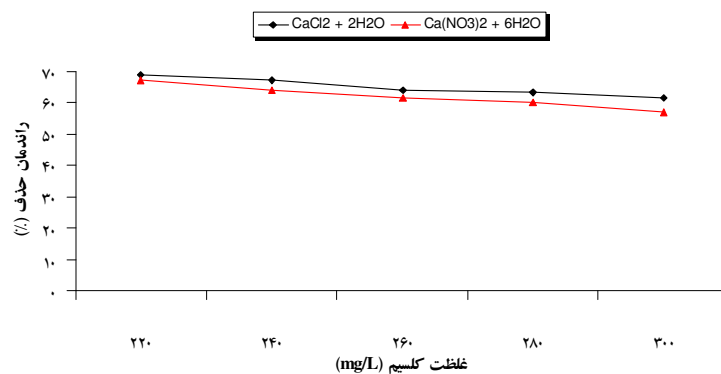
منیزیم		کلسیم		غلظت اولیه (mg/L)	غلظت اولیه (mg/L)	غلظت اولیه (mg/L)	غلظت اولیه (mg/L)	غلظت اولیه (mg/L)	غلظت اولیه (mg/L)
۰/۸ lit/min	۰/۴ lit/min	۰/۸ lit/min	۰/۴ lit/min						
درصد حذف (%)	باقی مانده (mg/L)	درصد حذف (%)	باقی مانده (mg/L)	درصد حذف (%)	باقی مانده (mg/L)	درصد حذف (%)	باقی مانده (mg/L)	درصد حذف (%)	باقی مانده (mg/L)
۶۵/۸۴	۲۰/۵۱	۶۹/۰۹	۱۸/۵۴	۶۰	۶۳/۳۶	۱۰۲/۶۱	۶۹/۰۸	۸۶/۵۷	۲۸۰
۶۳/۴۱	۲۹/۲۸	۶۷/۰۶	۲۶/۳۵	۸۰	۶۰/۹۹	۱۱۷/۰۳	۶۶/۳۳	۱۰۱/۰۱	۳۰۰
۶۰/۹۶	۳۹/۰۴	۶۲/۹۱	۳۷/۰۹	۱۰۰	۵۹/۹۲	۱۲۸/۲۶	۶۳/۹۳	۱۱۵/۴۳	۳۲۰
۶۰/۱۰	۴۷/۸۲	۶۱/۷۷	۴۸/۸۷	۱۲۰	۵۷/۵۶	۱۴۴/۲۹	۶۳/۲۲	۱۲۵/۰۵	۳۴۰
۵۹/۵۷	۵۶/۶۱	۶۱/۶۶	۵۳/۶۸	۱۴۰	۵۷/۶۹	۱۵۲/۳۱	۶۱/۲۶	۱۳۹/۴۸	۳۶۰



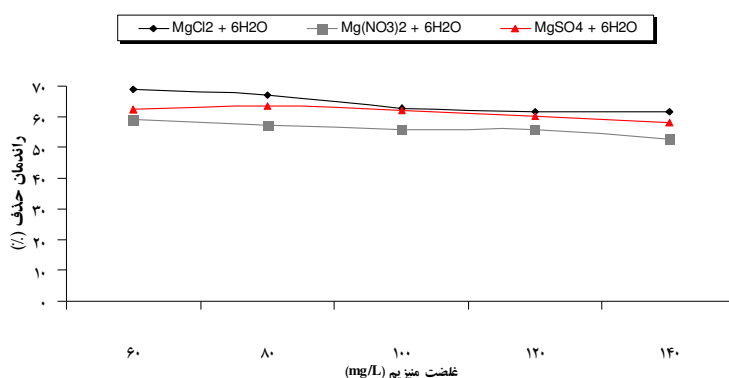
شکل ۲: تاثیر کاتیون همراه با کلسیم بر راندمان غشا در حذف کلسیم (غلظت اولیه کلسیم ۲۸۰ mg/L و میزان جریان ۰/۴ L/min)



شکل ۳: تاثیر کاتیون همراه با منیزیم بر راندمان غشا در حذف منیزیم (غلظت اولیه منیزیم ۶۰ mg/L و میزان جریان ۰/۴ L/min)



شکل ۴: تاثیر آنیون همراه با کلسیم بر کارایی نانو فیلتر در حذف کلسیم (میزان جریان ۰/۴ L/min)



شکل ۵: تاثیر آنیون همراه با منیزیم بر کارایی نانو فیلتر در حذف منیزیم (میزان جریان ۰/۴ L/min)

بحث و نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت اولیه کلسیم و منیزیم، راندمان حذف غشا کاهش می یابد که این امر را می توان به خصوصیات غشا که از آن به عنوان پدیده غربالگری نام می برند، نسبت داد. با افزایش انحلال نمک های در محلول، غلظت کاتیون های محلول نیز افزایش یافته و کاتیون ها باعث خنثی شدن بار سطح غشا شده و این امر باعث افزایش عبور سایر یون ها می شود. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج حاصل از مطالعه های Scheap و همکاران در حذف سختی از آب در سال ۱۹۹۸ و Kang و همکاران در سال ۲۰۰۹ در کره در حذف نیترات همخوانی دارد (۲۵ و ۲۶).

با افزایش میزان جریان عبوری از غشا، راندمان حذف کلسیم و منیزیم توسط نانو فیلتر کاهش یافت. که این امر را می توان به تخلیه بیش از حد یون ها روی سطح غشا و به دنبال آن عبور بیش از حد یون ها نسبت داد. این وضعیت به علت پولاریزاسیون غشایی است که عبور مواد محلول را مورد تاثیر قرار می دهد. همچنین بعلا پخش مواد محلول در منافذ غشا، مواد محلول پراکنده شده و منجر به کاهش راندمان حذف غشا خواهد شد. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج مطالعات Causserand و

همکاران در سال ۲۰۰۵ در فرانسه جهت حذف Dichloroaniline و همکاران در سال ۲۰۰۶ در چین در حذف bisphenol مورد تایید است (۲۷ و ۲۸). نتایج حاصل نشان داد که با افزایش بار الکتریکی کاتیون های همراه با کلسیم و منیزیم در محلول، راندمان حذف مواد محلول کاهش می یابد. حضور کاتیون های با ظرفیت بیشتر در محلول سبب شده تا کل بار سطحی غشا (بار منفی) کاهش بیشتری داشته و این امر موجب کاهش کلی راندمان حذف غشا خواهد شد. تاثیر کاتیون ها بر کاهش بار سطحی غشا بر اساس تعداد بار الکتریکی کاتیون ها بصورت زیر است:



انرژی هیدراتاسیون یون ها نیز می تواند میزان یون های عبوری را تحت تاثیر قرار دهد. بطوریکه یون های دارای انرژی هیدراتاسیون بیشتر شانس بیشتری برای حذف شدن توسط غشا را دارند. نتایج حاصل از این پژوهش توسط Paugam و همکاران در سال ۲۰۰۲ در فرانسه جهت حذف نیترات مورد تایید قرار گرفت (۲۹).

نتایج حاصل از بررسی آنیون همراه بر کارایی غشا نشان داد که با افزایش شعاع یونی آنیون های همراه، راندمان حذف کلسیم و



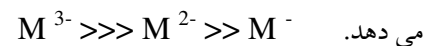
با توجه به نتایج به دست آمده، غشای نانو فیلتر می تواند به عنوان روشی موثر و مناسب برای حذف یون های مولد سختی (کلسیم و منیزیم) مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی کرمان و در قالب طرح های مصوب مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی کرمان انجام شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می شود.

منیزیم کاهش یافت. همچنین آنیون های با ظرفیت الکتریکی بالاتر (مانند سولفات) راندمان حذف بالاتری دارند که باعث برهم خوردن تعادل بار الکتریکی در دوطرف غشا می شود.

جهت حفظ تعادل الکتریکی در دوطرف غشا یون های تک ظرفیتی (مانند کلراید) از غشا عبور خواهد کرد. رابطه زیر تاثیر آنیون های همراه را کاهش راندمان حذف نانو فیلتر را نشان



می دهد. نتایج حاصل توسط Santafé-Moros و همکاران ۲۰۰۷ در اسپانیا و Choi و همکاران در کره در سال ۲۰۰۱ جهت حذف نیترات تایید شده است (۲۲ و ۳۰).

References

- 1- Fu L, Wang J, Su Y. Removal of low concentrations of hardness ions from aqueous solutions using electrodeionization process. *Separation and Purification Technology*. 2009; 68:390-6.
- 2-Park JS, Song JH, Yeon KH, Moon SH. Removal of hardness ions from tap water using electro membrane processes. *Desalination* 2007; 202 (1-8):125-36.
- 3- Kawamura S. *Integrated design and operation of water treatment facilities*. 2th ed. New York: John Wiley & Sons; 2000: 510-550.
- 4- Kabay N, Demircioglu M, Ersiiz E, Kurucaovali I. Removal of calcium and magnesium hardness by electrodialysis. *Desalination*. 2002; 149:343-9.
- 5- Gasco G, Mendez A. Sorption of Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} and K^{+} by clay minerals. *Desalination* 2005; 182:333-8.
- 6- Abbas IB, Bayoudh S, Baklouti M. The removal of hardness of water using sulfonated waste plastic. *Desalination*. 2008; 222:81-6.
- 7- Bazrafshan E, Mahvi AH, Nasser S, Shaighi M. Performance evaluation of electrocoagulation process for diazinon removal from aqueous environment by using iron electrodes. *Iran J Environ Health Sci Eng*. 2007; 2(4):127-32.
- 8- Ramesh RB, Bhadrinarayana NS, Meera SB, Anantharaman N. Treatment of tannery waste water by electrocoagulation. *Journal of the University Chemical Technology and Metallurgy*. 2007; 42(2):201-6.



- 9- Doula KM. Removal of Mn^{2+} ions from drinking water by using Clinoptilolite and a Clinoptilolite-Fe oxide system. *Water Research* 2006; 40(17):3167 - 76.
- 10- Condom S, Larbot A, Younssi SA, Persin MX. Use of ultra- and nanofiltration ceramic membranes for desalination. *Desalination*. 2004; 168:207-13.
- 11- Artu G, Hapke J. Characterization of nanofiltration membranes by their morphology. charge and filtration performance parameters. *Desalination*. 2006; 200:178-80.
- 12- Ahmad AL, Oop BS, Mohammad AW, Choudhury JP. Development of a highly hydrophilic nanofiltration membrane for desalination and water treatment. *Desalination*. 2004; 168:215-221.
- 13- Hassan AM, Al-Sofi MA, Al-Amoudi AS, Jamaluddin ATM, Farooque M, Rowaili A, and et al. A new approach to membrane and thermal seawater desalination processes using nanofiltration membranes. *Desalination*. 1998; 118:35-51.
- 14- M'nif A, Bouguech S, Hamrouni B, Dhahbi M. Coupling of membrane processes for brackish water desalination. *Desalination*. 2007; 203:331-6.
- 15- Berg P, Hagemeyer G, Gimble R. Removal of pesticides and other micropollutants by nanofiltration. *Desalination*. 1997; 113(2-3):205-8.
- 16- Lo T, Sudak RG. Removing water from a groundwater source. *J AWWA*. 1992; 84(1):79-87.
- 17- Tam LS, Tang TW, Lau GN, Sharm KR, Chen GH. A pilot study for wastewater reclamation and reuse with MBR/RO and MF/RO systems. *Desalination*. 2007; 202:106-13.
- 18- Glucina K, Alvarez A, Turner G, Laine JM. Assessment of an integrated membrane system for water treatment. *Desalination*. 2000; 132(1-3):73-82.
- 19- Boussahel R, Bouland S, Moussavi KM, Montiel A. removal of pesticide residues in water using the nanofiltration process. *Desalination*. 2000; 132(1-3):205-9.
- 20- Kiso Y, Nishimura Y, Kitao T. Rejection properties of non-phenylic pesticide with nanofiltration membrane. *J Membr Sci*. 2000; 171:229-237.
- 21- Oh JI, Urase T, Kitawaki H, Rahman MM, Yamamoto K. modeling of arsenic rejection considering affinity and steric hindrance effect in nanofiltration. *water Sci Technol*. 2000; 42(3-4):73-80.
- 22- Santafé-Moros A, Gozálviz-Zafrilla JM, Lora-García J. Nitrate removal from ternary ionic solutions by a tight nanofiltration membrane. *Desalination*. 2007; 204:63-71.
- 23- Park JS, Song JH, Yeon KH, Moon SH. Removal of hardness ions from tap water using electromembrane processes. *Desalination*. 2007; 202:1-8.



-
- 24- APHA. Standard method for examination of water and wastewater. 21th ed. Washington DC: American public health association publication; 2005.
- 25- Schaep J, Bruggen BV, Uytterhoeven S, Croux R, Vandecasteele C, Wilms D, and et al. Removal of hardness from groundwater by nanofiltration. *Desalination*. 1998; 119:295-302.
- 26- Kang M, Jeong T, wang H. Nitrate by Nanofiltrations in Very Small Drinking Water Systems. *World Applied Sciences Journal*. 2009; 5:41-5.
- 27- Causserand C, Aimar P, Cravedi JP, Singlande E. Dichloroaniline retention by nanofiltration membranes. *Water Research*. 2005; 39:1594-600.
- 28- Zhang Y, Causserand C, Aimar P, Cravedi JP. Removal of bisphenol A by a nanofiltration membrane in view of drinking water production. *Water Research*. 2006; 40:3793-9.
- 29- Paugam L, Taha S, Cabon J, Dorange G. Elimination of nitrate ions in drinking waters by nanofiltration. *Desalination*. 2002; 152:271-4.
- 30- Choi S, Yun ZW, Hong S, Ahn K. The effect of co-existing ions and surface characteristics of nanomembranes on the removal of nitrate and fluoride. *Desalination*. 2001; 133:53-64.



Efficiency of Calcium and Magnesium Removal by Nanofiltration Membrane from Synthetic Water under Different Operating Conditions

Malakootian M *(Ph.D) Mahvi AH ** (Ph.D) Fatehizadeh A *** (MS.c) Ehrampoush MH * (Ph.D)***

**Corresponding Author: Professor, Department of Environment Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran*

Tel:0341 320 5074, Email: m.malakootian@yahoo.com

***Assistant Professor, Department of Environment Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

****Master of Sciences, Department of Environment Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran*

*****Associate Professor, Department of Environment Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences Yazd, Iran*

Abstract

Background: There are various techniques for reduction or removal of hardness of water each with its own special advantages and disadvantages. Nanofiltration, process due to its simplicity and efficiently, has gained a great attention and is used for removal of various ions and organic matters. The aim of this study was to investigate the evaluation of efficiency of calcium and magnesium removal by a nanofiltration membrane from synthetic water under different operating conditions.

Methods: This study was performed in laboratory scale using a commercial NF membrane similar to pilot scale. NF experiments were conducted using a calcium initial concentrations (280, 300, 320, 340 and 360 mg/L) and magnesium initial concentrations (60, 80, 100, 120 and 140 mg/L) with flow rate of 0.4 L/min (Q_1) and 0.8 L/min (Q_2). To investigate the removal of calcium and magnesium as a function of co-existing anions and cations for NF membrane, sodium, potassium, calcium and magnesium ions (as cation) and chloride, nitrate and sulfate ions (as anion) were chosen.

Results: The results revealed that with the increase in initial calcium and magnesium concentration, the removal efficiency decreased. with increasing initial calcium concentration from 280 mg/L to 360 mg/L, the removal efficiency decreased from 69.08% to 61.25%, respectively and magnesium removal efficiency declined from 70.05% to 62.25% with increasing concentration from 60 mg/L to 140 mg/L, respectively. In addition, while flow rate varied from 0.4 L/min to 0.8 L/min, calcium and magnesium removal efficiency descended to approximately 5 %. Most effectiveness due to anions and cations with calcium and magnesium were related to sulfate and divalent cations and chloride and sodium lowest effectiveness related to choride anion and sodium cation respectively.

Conclusion: According to the results, nanofiltration process was applied as efficient and proper method for hardness (calcium and magnesium) removal from water.

Keywords: Hardness, Flow rate, Softening, Water treatment