available online @ www.jscw.icrc.ac.ir
نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ

کاربرد نانوصافی‌ها در حذف و استخراج مواد رنگزا از پساب‌های رنگی صنعتی

محمد ابراهیم علیا[1*]، زهرا افشاری[2]، زهرا اسحق زاده[3]

۱- استادیار، گروه پژوهشی رنگ و محیط زیست، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۲- کارشناس شیمی کاربردی، پژوهشگاه علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۳- کارشناس شیمی نساجی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، کدپستی: ۸۴۱۵۶۸۳۱۱۱

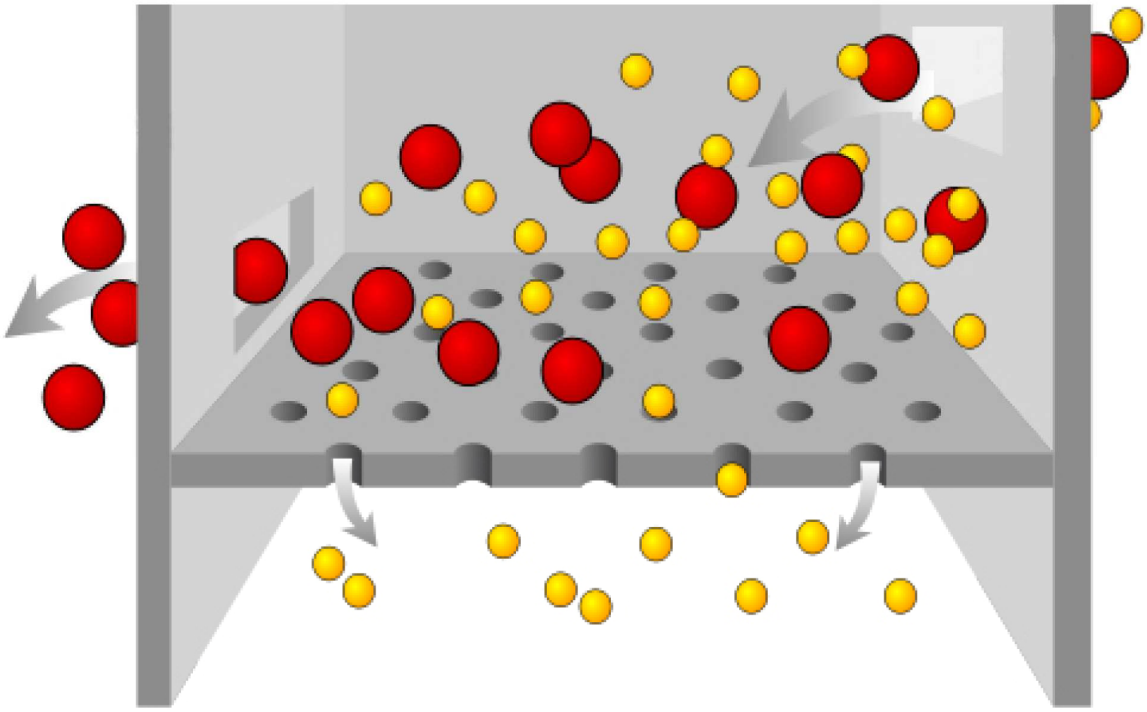
تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۹ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۴

چکیده

این تحقیق به بررسی کاربردهای صافی‌ها در حذف مواد رنگزا از پساب‌های رنگی صنایع مختلف از جمله صنعت نساجی می‌پردازد. همچنین معرفی و مقایسه روش‌های مختلف موجود جهت تصفیه پساب‌های صنعتی ارائه شده است. صافی‌های استفاده شده در این مطالعه از جنس صافی‌های پلی پروپیلنی می‌باشد که در نهایت این صافی‌ها از نظر کارآیی و بازده حذف، مقایسه و کارآیی بسیار خوب آنها در حذف مواد رنگزای مستقیم از پساب‌های رنگی صنعتی مشخص گردیده است.

واژه‌های کلیدی

نانو فیلتر، رنگ‌بری، تصفیه، پساب‌های صنعتی.



*Corresponding author: olya-me@icrc.ac.ir

۱- مقدمه

جمعیت جهان در حال افزایش و منابع آب آشامیدنی رو به کاهش است، بنابراین جهان در آینده مشکل کمبود آب را پیش‌رو خواهد داشت. از سوی دیگر افزایش مصرف آب و کمبود حاصل از آن که بر اثر آلودگی نیز تشدید می‌شود سبب شده است تا تأمین آب بهداشتی به یکی از دغدغه‌های اساسی جامعهٔ جهانی تبدیل شود. امروزه با پیشرفت فناوری و با به کارگیری فناوری‌های الکتریکی و مکانیکی به سادگی می‌توان آب آلوده را برای استفاده در کشاورزی و یا حتی برای مصارف خانگی بازیافت نمود. در میان این روش‌ها، روش صاف‌کردن به عنوان یکی از روش‌های جداسازی فیزیکی با کمترین استفاده از مواد شیمیایی و هزینه نسبتاً مناسب برای بخش‌های مختلف صنعت، بسیار مورد توجه است [۱]. با گسترش تکنولوژی و ساخت صافی‌های نانو (دارای خلل و فرجی در ابعاد نانو)، و کاربرد آنها در صنعت تصفیه آب و پساب، تحولی عظیم در بازیافت و استفاده مجدد از آب‌های صنعتی و کشاورزی ایجاد شده است. نانو صافی‌ها با منافذی در حد نانومتر می‌توانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و حتی واحدهای کوچک پروتئین را صد در صد غربال کنند [۲]. بررسی فعالیت‌های مختلف دنیا، شامل برنامه‌های در دست اجرا و برنامه‌های آتی مراکز صنعتی و پژوهشی، نشان می‌دهد که حوزه تصفیه یکی از حوزه‌های کاربرد فناوری نانو در صنعت آب است، و با بهره‌گیری از آن، هزینه‌های تصفیه آب به میزان زیادی کاهش خواهد یافت. مجموع کاربردهای متعددی را می‌توان در زمینه استفاده از فناوری نانو متصور بود که اهم آنها در زیر آمده است:

- استفاده از ذرات نانو ساختار در تصفیه آلاینده‌ها
- رنگ‌زدایی از آب آشامیدنی
- نمک‌زدایی از آب
- نانو پوشش‌ها
- نانو لوله‌های جاذب گازهای سمی
- نانو پلیمرهای متخلخل
- استفاده از نانو ذرات در تصفیه پساب‌ها
- نانو صافی‌ها

با استفاده از نانو صافی‌ها، مواد معدنی لازم برای سلامت انسان در آب باقی مانده و مواد سمی و مضر، از آن حذف می‌شود. صاف‌کردن نانویی[1] یک روش مفید بین روش‌های اسمز معکوس[2] و فرا صاف‌کردن[3] است [۳]. فرا صاف کردن به دلیل بالاتر بودن مقدار آلاینده‌های معدنی و قلیایی نسبت به حد مجاز و روش اسمز معکوس به دلیل تولید خلوص بیش از حد محصول و بالا بودن قیمت دارای نقایصی هستند. از طرف دیگر با افزایش روز افزون مصرف مواد رنگزای سنتتیک که زیست تخریب ناپذیر بوده و به عنوان یکی از عوامل بیماری‌زا نیز شناخته می‌شود، در بخش‌هایی همچون صنایع نساجی، آرایشی بهداشتی، غذایی و چاپ، ورود این مواد به فاضلاب‌ها و نهایتاً طبیعت، مشکلات زیست محیطی فراوانی را به دنبال خواهد داشت. به همین دلیل روش صاف‌کردن نانویی به عنوان یک روش فیزیکی و با هزینه نسبتاً مناسب جهت پاک‌سازی پساب‌های صنعتی از این مواد مورد استفاده واقع می‌شود، که در این تحقیق به این مطلب پرداخته شده است[۴].

۲- روش‌های تصفیه فاضلاب‌های صنعتی

۲-۱- روش‌های فیزیکی

به روش‌هایی که طی آنها از نیروها و ویژگی‌های فیزیکی مواد برای حذف آنها استفاده می‌شود، روش‌های فیزیکی می‌گویند. آشغال‌گیری، دانه‌گیری، رسوب دادن شیمیایی، صاف کردن و ته نشینی نمونه‌هایی از روش‌های فیزیکی تصفیه فاضلاب هستند که به جهت عدم افزایش مواد شیمیایی و هزینه مناسب مورد توجه صنایع مختلف قرار دارد.

۲-۲- روش‌های شیمیایی

به روش‌هایی که در آنها برای حذف آلاینده‌ها از مواد و واکنش‌های شیمیایی استفاده می‌شود، روش‌های شیمیایی می‌گویند. این روش‌ها دارای بازده مناسب هستند اما افزودن این ترکیبات خود مشکلات بعدی را به همراه دارد. از میان این روش‌ها می‌توان به روش‌های پیشرفته اوزون، فنتون، پرمنگنات پتاسیم و غیره اشاره نمود.

۲-۳- روش‌های بیولوژیکی

در سال‌های اخیر، استفاده از فرآیندهای دوستدار محیط زیست و به طور کل فرآیندهای بیولوژیکی برای حذف آلاینده‌ها گسترش قابل توجهی یافته است که غالباً آنها را به دودسته کلی زیر تقسیم بندی می‌کنند:

الف- روش‌های هوازی : برخی از فرآیندهای بیولوژیکی که در حضور اکسیژن صورت می‌پذیرد و آنها را روش‌های بیولوژیکی هوازی می‌نامند.

ب- روش‌های بی‌هوازی: که فرآیندهایی هستند که در غیاب اکسیژن محلول توسط میکروارگانیسم‌ها اتفاق می‌افتد، و در بیشتر فرآیندهای تصفیه از این روش‌های بیولوژیکی استفاده می‌شود [۵،۳].

۲-۴- صاف‌کردن

به عبارت ساده صاف کردن، فرآیندی است که در آن یک مایع و یا گاز (سیال) به دلیل اختلاف فشار یا اختلاف پتانسیل الکتریکی و یا اختلاف غلظت از صافی عبور می‌کند. با انجام عمل صاف کردن، ذراتی که از اندازه حفره‌های صافی کوچک‌تر هستند از آن عبور کرده و ذرات با اندازه بزرگ‌تر، از سیال جدا شده و در پشت صافی می‌مانند صافی‌ها براساس اندازه منافذشان به سه دسته میکرو صافی‌ها، فرا صافی‌ها و نانو صافی‌ها دسته‌بندی می‌شوند . دو عامل که در انتخاب نوع صافی و کارکرد آن مؤثر می‌باشد عبارت است از:

الف- اندازه حفرات صافی: برای جداسازی ذرات با اندازه مشخص باید از

[1] Nano filteration
[2] Reverse osmosis
[3] Ultra filteration

صافی‌های مناسب استفاده کرد.

ب- مقدار ذراتی که در پشت صافی باقی می‌مانند: ذراتی که در پشت صافی باقی می‌مانند به مرور زمان و با استفاده مداوم از صافی بیشتر می‌شوند. این مسئله می‌تواند باعث مسدود شدن روزنه‌های صافی شود. به این دلیل، باید بعد از مدت زمان مشخصی، صافی را تعویض، و یا آن را پاک‌سازی نمود. این مسئله که به گرفتگی صافی معروف می‌باشد از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا تعویض و یا حتی تمیزکردن صافی هزینه‌بر است. در عملیات صاف‌کردن با گذشت زمان، شدت جریان کاهش می‌یابد و یا افت فشار زیاد می‌شود و یا هر دو مورد صورت می‌گیرد [۶].

۲-۴-۱- صاف‌کردن میکرو[۴]

صاف‌کردن میکرو، فرآیندی است که برای جداسازی ذرات، جامدات معلق کوچک و موادی دیگر مثل باکتری‌ها و کیست‌ها و مولکول ها و ذراتی بزرگتر از ۰/۲ میکرون استفاده می‌شود.

۲-۴-۲- فرا صاف‌کردن

در فرا صاف‌کردن مولکول‌هایی بزرگتر از ۰/۰۰۵ میکرون جدا می‌شوند. ابعاد حفره‌های صافی بین ۲ تا ۵۰ نانومتر است. این فرآیند برای جداسازی و تغلیظ مواد کلوئیدی و تعلیقی به کار می‌رود.

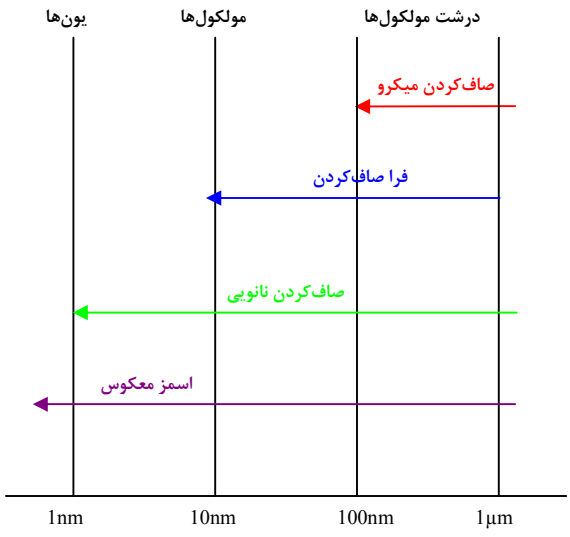
۲-۴-۳- صاف‌کردن نانویی

روش صاف‌کردن نانویی طی چند سال گذشته رونق گرفته است. در این روش جداسازی بر اساس اندازه مولکول صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه ابعاد حفره‌های صافی نانویی بین ۰/۵ تا ۲ نانومتر است. بیشتر این روش، جهت حذف اجزای آلی نظیر آلوده‌کننده‌هایی در اندازه میکرونی و یون‌های چند ظرفیتی می‌باشد. از دیگر کاربردهای صاف‌کردن نانویی می‌توان به حذف مواد شیمیایی که به منظور کشتن موجودات مضر به آب اضافه شده‌اند، حذف فلزات سنگین مانند جیوه، تصفیه‌ی آب‌های مصرفی، رنگ‌زدایی و حذف آلوده‌کننده‌ها اشاره کرد [۴]. طبق مطالعات انجام شده، صاف‌کردن نانویی می‌تواند تقریباً از هر منبع آبی، آب پاک به وجود آورد و تمام باکتری‌های موجود در آب را حذف کند [۷،۸].

۲-۴-۴- اسمز معکوس

اسمز معکوس فرآیندی است که در آن آب در اثر اختلاف فشار از یک غشای نازک عبور می‌کند تا محتویات و مواد معدنی شامل نمک، ویروس‌ها، سموم و سایر ترکیبات آلوده غیر آلی جدا شود. این فرآیند اتم‌ها و مولکول‌هایی در مقیاس کوچکتر از ۰/۰۰۱ میکرون را در محدوده یونی جدا می‌کند.

مقایسه‌ای ساده بین روش‌های صاف‌کردن در شکل ۱ نمایش داده شده است [۷].

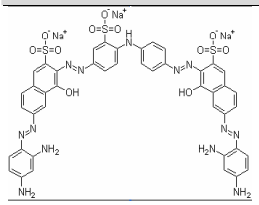


شکل ۱- مقایسه بین صافی‌های مختلف از نظر قدرت حذف مولکول‌ها با اندازه‌های مختلف.

۳- مواد و روش‌ها

نانو صافی‌های به کار رفته در این پژوهش از جنس نانو صافی‌های پلی پروپیلنی با قابلیت اعمال فشار (۶ bar) بوده و ماده رنگزای مورد استفاده رنگزای Direct Black VSF از مواد رنگزای مستقیم پرکاربرد در صنایع مختلف از جمله صنایع نساجی با مشخصات جدول ۱ می‌باشد. سیستم طراحی شده نیز یک سیستم تحت فشار با قابلیت تنظیم فشار می‌باشد. در این تحقیق برای بررسی فرآیند جذب از دستگاه اسپکتوفتومتر PerkinElmer دو پرتوی و pH متر دیجیتالی ساخت شرکت Hach برای اندازه‌گیری pH محلول مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- مشخصات ماده رنگزا.

نام	وزن مولکولی (g/mol)	λ_{max} (nm)	ساختار مولکولی
Direct Black VSF	۱۰۸۳/۹۷	۴۸۴	

برای محاسبه مقدار رنگبری در طول موج مربوط به جذب بیشینه که در شکل ۲ مشخص شده است نیز از رابطه ۱ استفاده گردید:

$$\text{Decolourisation (\%)} = (1 - C/C_0) \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن C و C_0 به ترتیب غلظت محلول در زمان‌های متفاوت و غلظت اولیه محلول می‌باشد. کلیه آزمایش‌ها در سیستم طراحی و ساخته شده ضد خوردگی شکل ۲ انجام شده است.

[۴] Micro filtration

شکل ۲- نمای کلی سیستم صاف کردن مورد استفاده.

۴- نتایج و بحث

برای حذف ماده رنگزای مورد نظر از محلول آبی، عامل‌های موثری مورد استفاده قرار گرفت که ار آن جمله می‌توان به اثر فشار، زمان و غلظت اشاره نمود.

۴-۱- اثرفشار

برای این آزمایش ۵۰ میلی‌لیتر از محلول ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر محلول رنگی در فشارهای مختلف از صافی عبور داده شد و نتایج بدست آمده در جدول ۲ نشان داد که تحت فشار ۳ بار و بالاتر محلول رنگی به راحتی از غشا عبور نموده و محلول رنگبری شده در طرف دیگر بدست آمد. این مساله بیانگر اثر مثبت فشار مکانیکی بر افزایش بازده و کاهش زمان فرآیند است.

جدول ۲- اثر فشار بر فرآیند رنگبری.

فشار (بار)	۴	۳	۲	۱
درصد رنگبری	۱۰۰	۱۰۰	۸۷	۰

۴-۲- اثر غلظت و زمان

از آنجایی که میزان عبور محلول و جذب ماده رنگزا تا حد زیادی به غلظت محلول وابسته است، این عامل اثرگذار نیز مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور اثر تغییرات غلظت بر درصد رنگبری و زمان در صاف کردن در فشار حداقل، ۳ بار بررسی شد. نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش غلظت باز هم فیلتر مورد نظر به خوبی عمل می‌نماید اما همانطور که در جدول ۳- نیز مشخص است، متناسب با افزایش غلظت، زمان رنگبری و در حقیقت زمان عبور محلول از صافی موجود کمی افزایش یافته تا زمانی که صافی پر نشده باشد و کارآیی خود را حفظ نماید.

جدول ۳- اثرغلظت و زمان بر فرآیند رنگبری.

غلظت (میلی گرم برلیتر)	۴۰	۳۰	۲۰
درصدرنگبری	۹۸/۲۴	۱۰۰	۱۰۰
زمان عبور (دقیقه)	۵۷	۴۶	۴۵

۵- نتیجه‌گیری

در بین روش‌های مورد استفاده برای رنگبری پساب‌های رنگی صنایع مختلف همچون صنایع نساجی که مصرف‌کننده بخش عظیمی از مواد رنگزای زیست تخریب ناپذیر می‌باشند، روش‌های فیزیکی به دلیل سادگی، عدم استفاده از مواد شیمیایی و درنهایت هزینه کمتر بسیار مورد توجه قرار دارند. در این میان یکی از روش‌های پر کاربرد که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت، روش صاف‌کردن با استفاده از نانو صافی‌های پلی پروپیلنی بود که نتایج بدست آمده نشان داد که این صافی‌ها در شرایط بهینه قابلیت حذف مواد رنگزای موجود در این پساب‌ها را به طور کامل دارا هستند.

۶- تشکر و قدردانی

نویسندگان از جناب آقای کمالی از شرکت پژوهان طب به خاطر ساخت بخش نگه‌دارنده دستگاه سپاسگزاری می‌نمایند.

۷- مراجع

1. M .E. Olya, "Water and Wastewater Treatment", Tarrah Publication, Tehran, Iran, **2009**.
2. J. D. Chwirka, B. M. Thomson, J. M .Stomp, "Removing arsenic from groundwater", J. Am. Water Works Assoc, 92, 3, 79-88, **2000**.
3. R .C. Merkle, "Biotechnology as a route to nanotechnology", Trends Biotechnol, 17, 271-274, **1999**.
4. H. J. Sung, I. F. Cheng, "Nanotechnology for Environmental Remediation", Modern. Inorganic Chemistry, **2000**.
5. R. C. Merkle, "Biotechnology as a route to nanotechnology", Trends Biotechnol, 17, 271-274, **1999**.
6. J. Haes, R. P. Van Duyne, "A highly Sensitive and Selective Surface-Enhanced Nanobiosensor", 723, O3.1.1-O3.1.6., **2002**.
7. S. Ferretti, S. Paynter , D. A. Russell , K. E. Sapsford, D. J. Richardson, "Trends in Analytical Chemistry", vol.19, No. 9, **2000**.
8. M. R. Wiesner, P. E. J. Y. Bottero, "Environmental Nanotechnology Applications and Impacts of Nanomaterials", McGraw-Hill Companies, **2002**.