توسعه فناوری غشاهای صاف سازی جهت حذف رنگزای راکتیو از فاضلاب صنـــایع نساجی

میترا غلامی[1]، سیمین ناصری[2]، رویا میرزایی[3]، قدرت اله شمس خرم آبادی[4]
1- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران
2- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران
3- استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران
4- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان

یافته / دوره یازدهم / شماره 2 / تابستان 88 / مسلسل 40

چکیده

دریافت مقاله: 87/7/28، ***پذیرش مقاله***: 87/10/11

Ø مقدمه: رنگزای راکتیو از جمله رنگزای بکار رفته در صنایع نساجی هستند که به دلیل وزن مولکولی بالا و ساختار شیمیایی پیچیده ای که دارند، قابلیت تجزیه پذیری آن ها ناچیز بوده، و بنابراین با روش های معمول تصفیه حذف نمی گردند .هدف از این پژوهش، مطالعه روی کارایی فرایند صافسازی غشایی درحذف مواد رنگزای راکتیو در پساب حاصل از فرآیندهای نساجی می باشد.

Ø مواد و روش‌ها: روش انجام تحقیق با توجه به ماهیت آن بر پایه داده‌های آزمایشگاهی، از نوع مطالعات بنیادی -کاربردی است .درمرحله اول، قابلیت تجزیه پذیری بیولوژیکی مواد رنگزای راکتیو توسط روش زاهن -والینز)ایزو9888 مورد ارزیابی قرارگرفت.در مرحله بعد، کارایی فرایندهای صافسازی غشایی با استفاده از غشاهایی با مدول مارپیچی، دو غشاء نانوفیلتر (NF) با MWCO، 300 و 600 دالتون به ترتیب از جنس پلی‌آمید (PPT)و سلولز استات بلند (PWB)و غشاء اسمز معکوس (Ro)با MWCO 50دالتون از جنس پلی‌آمید مطالعه شد .برای انجام این بررسی، 4نوع نمونه رنگ راکتیو با غلظتهای 80، 100، 250، 500 و 1000 میلی‌گرم در لیتر و همچنین نمونه‌هایی از کارخانجات مختلف نساجی، از غشاها عبور داده شد .در هر مرحله، فلاکس جریان عبوری از غشاها در دما و فشارهای مختلف در مدت زمان30 تا 60 دقیقه تعیین گردید .همچنین در هر مرحله نمونه هایی برداشت شده، و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-VIS، به روش ADMI، میزان رنگ در ورودی وخروجی اندازه گیری گردید . همچنین درصد حذف رنگ نیز محاسبه شد.

Ø یافته‌ها: درصد حذف CODو رنگ در روش تجزیه بیولوژیکی به ترتیب 25 و12/5درصد، ومیزان ADMIورودی وخروجی به ترتیب، 2354و2211 به دست آمد .درصد حذف CODو رنگ برای غشاهای نانوفیلتر 300 و 600 دالتون و غشاء اسمز معکوس به ترتیب برابر بود با(33%و36%:) ، (29% و33%)، (45%،99%). (99/6% و45%) همچنین مقادیر ADMIبرای ورودی و خروجی از نانوفیلتر 300 و 600 دالتون و اسمز معکوس به ترتیب برابر (1220و1625)،(502و1625)، (103و125) بدست آمد.

Ø بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به آزمایش‌های انجام شده، فشار و دمای مناسب جهت داشتن بهترین راندمان حذف برای غشاهای نانوفیلتر 300 و 600 دالتون فشار 4 بار و دمای°C 35-30 می‌باشد .بر اساس اطلاعات به دست آمده، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که غلظت نمونه‌گیری تاثیر چندانی درکارآیی غشاء و افزایش فلاکس جریان ندارد .همچنین با کاربرد غشاء اسمز معکوس درصد حذف رنگ بیش از 99%بدست آمد، که نشان دهنده راندمان بالای حذف می‌باش. بنابراین فرایند صافسازی غشایی به کمک اسمز معکوس می تواند روش مناسبی برای حذف مواد رنگزا از فاضلاب صنایع نساجی پس از انجام پیش تصفیه روی فاضلاب این صنایع می باشد.

Ø کلید واژه‌ها: غشاهای صاف‌سازی، مواد رنگزای راکتیو، فاضلاب صنایع نساجی

آدرس مکاتبه: تهران، دانشگاه علوم پزشکی ایران، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط
پست الکترونیک: mitra326@yahoo.com

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]

مقدمه

فاضلاب صنایع نساجی، گروهی از فاضلابهای صنعتی هستند که حاوی مواد رنگزا می‌باشند، این مواد بدلیل داشتن ساختار مولکولی پیچیده و اندازه بزرگی که دارند، دارای قابلیت تجزیه‌پذیری بیولوژیکی بسیار کمی هستنند .فرآیند رنگرزی در این صنایع شامل رنگرزی الیاف پنبه، ویسکوز، پلی استر، نایلون و همچنین ترکیب ساخته شده از آنها به صورت پارچه و نخ می‌باشد .

مواد رنگزای راکتیو از جمله موادرنگزایی است که به دلیل استفاده از آن برای رنگرزی الیاف سلولزی مانند کتان به طور گسترده ای در صنایع نساجی بکار برده می شود(1).

تخلیه مستقیم فاضلاب صنعت نساجی به داخل مجاری فاضلابرو، در عملیات تصفیه بیولژیکی ایجاد اختلال می‌نماید . همچنین این فاضلابها بدلیل وجود ترکیباتی مانند نشاسته (که نیاز به اکسیژن بیوشیمیایی بیشتری دارند) و آزاد شدن مقادیر زیادی نمکهای معدنی، اسیدها و قلیاها در راکتور بیولوژیکی، سبب افزایش هزینه عملیات تصفیه می‌گردند(2).

روشهای کلاسیک تصفیه این نوع فاضلاب و به ویژه فاضلاب خروجی از فرایند رنگرزی شامل رسوبدهی شیمیایی، لجن فعال، کلریناسیون و جذب روی کربن فعال می‌باشد(3).

در مطالعه‌ای که در سال 1994 انجام شد، کارآیی حذف رنگ توسط کربن فعال بررسی گردید .نتیجه آزمایشات، حذف مواد رنگزای بالایی را نشان می‌داد ولی از نقطه نظر احیا کربن فعال روش مقرون به صرفه نبود .همچنین توسط این روش نمی‌توان تمام انواع رنگها را جداسازی کرد(4).

با توجه به بررسیهای انجام شده و همچنین استانداردهای موجود جهت تخلیه پساب به داخل آبهای پذیرنده، انتخاب روش مناسبی که بتواند کارآیی بالایی جهت حذف رنگ داشته باشد و از طرفی نسبت به سایر روشها مشکلات کمتری داشته باشد، ضروری به‌نظر می‌رسد .

مطالعات متعددی بر روی کاربرد غشاء در حذف رنگ انجام شده است.فیلتراسیون غشایی برای تصفیه و بازیافت پسابهای حاصل از حمامهای رنگ در صنایع نساجی مورد استفاده قرار می گیرد.فرآیندهای غشایی شامل (MF,UF,NF,RO)علاوه بر اینکه رنگ را حذف می کند امکان بازیافت و تغلیظ ترکیبات شیمیایی جانبی مورد استفاده در صنعت نساجی را امکان پذیر می سازدو آبی خالص تولید میکند.غشاء میکروفیلتر برای حذف رنگ های کلوئیدی حاصل از حمامهای رنگ و آبکشی های پس از آن بسیار مناسب است ولی ترکیبات شیمیایی در پساب خروجی از میکروفیلتر باقی می ماند .غشاء اولترافیلتراسیون (UF)در حذف ذرات و ملکولهای درشت (ماکرومولکولها) موثراست وپساب حاصل را می توان در مراحل بعدی مانند آبکشی و شستشو مورد استفاده قرار داد.غشاء نانوفیلتراسیون (NF)جداسازی ترکیبات آلی با وزن ملکولی پایین و نمکهای دوظرفیتی را ممکن می سازد و تاثیر قابل توجهی در نرمسازی آب دارد از غشاء NFمی توان بعنوان تصفیه ثانویه پساب پس از غشاء MFاستفاده کرد.پساب خروجی دارای کیفیت بسیار رضایت بخش و قابل قبول جهت بازیافت است .از غشاء اسمز معکوس (RO)جهت حذف یونها و ذرات درشتر از یون از پساب حمامهای رنگ استفاده می شود پساب خارج شده از غشاء کاملا بدون رنگ بوده و غلظت نمکهای محلول در آن بسیار پایین است .معمولا از غشاء UFبه عنوان پیش تصفیه برای غشاء اسمز معکوس می گردد (1و2).

از تکنولوژی صافسازی غشایی نانو فیلتراسیون برای نمک زدایی و تغلیظ مواد رنگزا در صنعت تولید رنگ نیزاستفاده شده

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]

است .نتیجه کاربرد این فناوری، تولید محصولی با کیفیت بالا و پایدار بوده است(5).

فرایند ترکیبی نانوفیلتراسیون و اکسیداسیون تر نیز برای تصفیه حمام رنگ مورد استفاده قرار گرفته است .درصد حذف مواد رنگزا و CODدر این سیستم به ترتیب 99 و 97 درصد بوده است(6).

همچنین در مطالعه دیگری، غشاهای نانو فیلتر با قطر منافذ مختلف، برای تصفیه فاضلاب صنایع نساجی، بکار رفته اند .بر طبق نتایج بدست آمده، کاهش فلاکس جریان که به دلیل جذب مواد آلی روی سطح غشاء بوده، سبب کاهش ظرفیت غشاء تا حدود 73 درصد شده است(7).

جهت بازیافت مواد رنگزا ازفاضلاب صنایع نساجی از دو غشاء نانوفیلتراسیون 150و300 دالتون و غشای اسمز معکوس با قطر منافذ کوچکتر استفاده شد .همچنین به عنوان پیش تصفیه، غشاء اولترا فیلتراسیون بکاررفت .درصد حذف سختی کل در فرایندهای نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس به ترتیب 75 و 90درصد بود(8).

حذف رنگ و CODپساب صنایع نساجی بااستفاده از غشای نانوفیلتراسیون 400 دالتون نیز مورد مطالعه قرار گرفت . رنگ مورد مطالعه رنگهای سیاه و قرمز راکتیو بود .در این مطالعه حذف سریع CODبا غشاء نانوفیلتر تا بیش از 94% بدست آمد(9).

از غشاء اولترا فیلتر اصلاح شده با استفاده از غلظت های مختلف سورفکتانت کاتیونی جهت حذف مواد رنگزای راکتیو سیاه و نارنجی استفاده شده، و تاثیر غلظت سورفکتانت و فشارعملیاتی مورد نیاز، مورد بررسی قرار گرفت .نتایج نشان دادند که برای غلظت رنگ 0.05گرم در لیتر و سورفکتانت 1000گرم در لیتر درصد حذف مواد رنگزای سیاه و نارنجی(6/99و7/99%) بود(10).

در بررسی که روی فاضلاب خروجی از فرایند چاپ، که حاوی مواد رنگزای راکتیو بود، انجام شد، از مدول بشقابی غشاء نانوفیلتراسیون استفاده شد .میزان حذف موادرنگزای راکتیو، از 4/99تا9/99 درصد، بسته به میزان فشار مورداستفاده بدست آمد(11).

در یک مطالعه دیگرکه روی حذف مواد رنگزا توسط غشای نانوفیلتراسیون پلی آمید انجام شد، تاثیر غلظت، pHونمک روی درصد حذف مورد بررسی قرار گرفت .نتایج نشان دهنده کارایی خوب غشاهای نانوفیلتر پلی آمید برای حذف مواد رنگزای آنیونی و مستقیم ، وعدم تاثیر زیاد روی حذف رنگ های کاتیونی بود(12).

هدف از این پژوهش، کاربرد فناوری غشایی برای حذف مواد رنگزای راکتیو از فاضلاب صنایع نساجی است .در این راستا تاثیر دما، فشار و غلظت بر کارایی غشا، مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

روش انجام این تحقیق با توجه به ماهیت آن بر پایه داده‌های آزمایشگاهی، از نوع مطالعات بنیادی -کاربردی است . در این پژوهش مواد رنگزای راکتیوی که مصرف بیشتری در صنایع نساجی ایران دارند، انتخاب گردیدند .مواد رنگزای راکتیو، رنگهای حاوی دی‌کلروتری آزینیل آمینو هستند که می توانند با گروه هیدروکسیل (OH)در الیاف سلولزی و گروههای آمینو (NH2)در پلی‌آمید، ابریشم و پشم وارد واکنش شوند .گروه دی کلروتریازیل به آسانی بوسیله واکنش با کلرید سیانوریک با مولکولهای رنگ حاوی آمینو ترکیب می‌شود .مشتقات بدست آمده از این فرآیند بسیار فعال می‌باشند، بطوریکه بوسیله یک فرآیند رنگرزی سرد نیز قادر به رنگرزی الیاف سلولزی هستند .پیوند بین الیاف و رنگهای راکتیو معمولاً پیونت کووالانسی است .رنگهای راکتیو برای

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]

رنگرزی پشم، ابریشم و پلی‌آمید بکار برده می‌شوند، هرچند این رنگها در ابتدا برای الیاف سلولزی استفاده می‌شد (13). مشخصات مواد رنگزای راکتیو انتخابی در جدول1، آمده است.

جدول شماره 1- مواد رنگزای راکتیو مورد استفاده در تمام مراحل

نوع ماده رنگزای راکتیو	نام تجاری	خصوصیات
رنگهای راکتیو Reactive Dyes	Evezel	Black (GSP)
	Remazol	Blue (RSP)
	Remazol	Bourdon (B)
	Remazol	Orange (JR)
	Remazol	Yellow (RG)
	Shanding	Brilliant (KM-VR)

پژوهش مزبور در دو مرحله انجام گرفت :در مرحله اول تجزیه پذیری مواد رنگزای راکتیو با استفاده از روش زاهن - والینز) ایزو 9888 است(14). دراین روش، تجزیه پذیری ترکیبات آلی محلول در آب یا فاضلاب به کمک میکروارگانیسم های هوازی طی مدت زمان 28 روز مورد بررسی قرار می گیرد . طی این مدت، درصد حذف COD در زمان های مختلف با استفاده از فرمول زیر، تعیین می گردد.

$$CODremoval\% = \left[1 - \frac{P_cT_t - P_cB_t}{P_cT_1 - P_cB_1}\right] \times 100$$

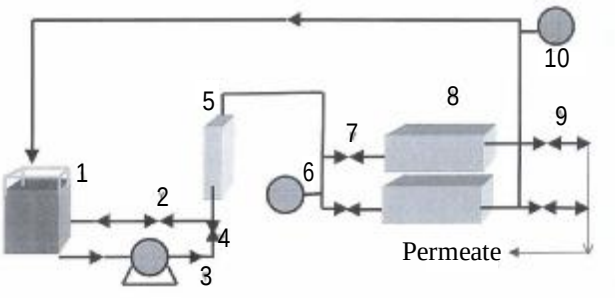
PcTt = غلظت (COD(mg/L، در زمان) tبعد از 28 روز (در راکتور اصلی(FT)

PcTt = غلظت (COD(mg/L، در زمان)tبعد از 28 روز (در راکتورشاهد(FB)

PcT1 = غلظت (COD(mg/L، در زمان t1در راکتور اصلی(FT)

PcB1 = غلظت (COD(mg/L، در زمان t1در راکتور شاهد(FB)

بر اساس این روش، زمانی ترکیب مورد نظر به عنوان یک ترکیب قابل تجزیه بیولوژیکی شناخته می شود که درصد تجزیه پذیری آن بیش از 70 درصد باشد (14). در مرحله دوم،کاربرد روشهای صافیهای غشایی برای حذف مواد رنگزا از پساب صنایع نساجی مورد مطالعه گرفته است. روش کنترل کننده، مقایسه فلاکس جریان اولیه آب مقطر و فلاکس آب مقطر پس از شستشوی غشاء، با فلاکس جریان رنگ عبوری از غشاء در شرایط مختلف عملیاتی می‌باشد. جهت بررسی کاربرد عشاء برای حذف رنگ، ابتدا پایلوتی بوسیله شرکت ماشین‌سازی تبریزی در مشهد ساخته شد .در شکل 1، تصویر شماتیک پایلوت آمده است.



(1) مخزن ورودی، (2) شیر، (3) پمپ، (4) شیر جریان ورودی پمپ، (5) فلومتر، (6) فشار سنج جهت سنجش فشار، (7) شیر جریان ورودی به غشاء، (8) نگهدارنده غشاء، (9) شیرجریان نفوذی غشاء، (10) فشار سنج جهت سنجش فشار محلول خروجی

شکل شماره 1- تصویر شماتیک پایلوت غشاء

غشاهای مورد استفاده، غشاهایی با مدول مارپیچی از نوع غشاء UFبا MWCO، 20000 دالتون، از جنس پلی‌اترسولفون (PPE)، دو غشاء NF با MWCO، 300 و 600 دالتون به‌ترتیب از جنس پلی‌آمید (PPT)و سلولز استات بلند (PWB)ویک غشاء ROبا 50MWCO دالتون از جنس پلی آمید بودند. در تمامی آزمایشات از یک الگوی مشخص و واحد استفاده گردید و مراحل مختلف آزمایش تحت شرایط معین و ثابت صورت گرفت .رژیم هیدرولیکی جریان به صورت سیستم ناپیوسته بود.

مراحل آزمایش تعیین کارآیی غشاء عبارت بودند از:

۳) تهیه نمونه‌های مواد رنگزای مشخص شده در جدول 1، با غلظت 0/01 درصد

۴) اندازه‌گیری فلاکس اولیه آب مقطر نفودی از غشاء در دما و دبی‌های مختلف و فشار 0/5، 1، 2 و 4 بار برای

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]

نانوفیلترها و 7/5 بار برای اسمز معکوس و دبی 10 لیتر در دقیقه.

۵) اندازه‌گیری فلاکس آب مقطر پس از عبور نور هر نمونه رنگ از غشاء که با نماد J_{ww} نمایش داده می‌شود.

شستشوی شیمیایی به دنبال آبکشی با آب مقطر: با این ترتیب که ابتدا غشاء نانوفیلتر 300 دالتون به مدت 15 دقیقه با سود یک درصد وغشاء نانو فیلتر 600 دالتون و اسمز معکوس با سدیم تری‌فسفات (در فشار 1/5 بار و دمای C (35-30)) شستشوداده شد، و سپس فلاکس آب مقطر (J_{wc1}) اندازه گیری گردید .همچنین درصد بازیافت غشاء پس از شستشو از فرمول زیر بدست آمد: $\%FR = (J_{wc2} / J_{wi})100$

با توجه به مراحل بیان شده، در هر دوره آزمایش برای هر نمونه رنگ عبوری از غشاء 4 مرتبه فلاکس آب مقطر اندازه‌گیری شد $(J_{wi}, J_{ww}, J_{Wc1}, J_{wc2})$.

در هر مرحله از آزمایش در زمانهای مختلف نمونه‌هایی از محلول نفوذی از غشاء برداشت شد و آزمایشات CODو TDSروی آن انجام گرفت .سپس مطابق آنچه که در مرحله قبل بیان شد، برای هر نمونه برداشتی، میزان درصد حذف رنگ و همچنین مقدار رنگ به روش ADMIتعیین شد.

روش ADMI[1] (انستیتو تولیدکنندگان رنگ آمریکا) (روشی است که به کمک آن میزان رنگ بر اساس واحد ADMIدر هر نمونه تعیین می گردد). اساس روش تعیین سه مقدار X، Y، Zاست که مشخص‌کننده ته‌رنگ، روشنایی و خلوص هر رنگ می‌باشد (16و15).

برای انجام آزمایش، ابتدا نمونه‌هایی در غلظتهای مختلف از محلول مادرپلاتنیم کبالت ساخته شد. سپس توسط اسپکتورفتومتر درصد عبور نور (T%)در هر یک از نمونه‌ها در 30 طول موج اندازه‌گیری گردید، و با استفاده از جداول موجود، برای هر نمونه، مقادیر X، Y، Z که میانگین این مقادیر در هر طول موج است، و متعاقب آن V_X, V_Y و V_Z برای نمونه و شاهد (آب مقطر) برابر است با:

$X_c = 98/04 \qquad V_x = 9/9$

$Y_c = 100 \qquad V_y = 9/902$

$Z_c = 108/103 \qquad V_z = 9/91)$

ADMI برای هر نمونه ساخته شده پاتینیم کبالت از فرمول 2، و Fمیزان اختلاف رنگ از فرمول 1 محاسبه شده را رسم کرده و یک فاکتور ADMI نسبت به DEاز فرمول 3، بدست می‌آید .پس از آن، منحنی کالیبراسیونF، که برابر است با شیب منحنی کالیبراسیون، برای تمامی نمونه های برداشتی بطور یکسان بدست می‌آید:

(1)

$$DE = \left[(0/23\Delta V_y)^2 + (\Delta(V_x - V_y))^2 + (0/4\Delta(V_y - V_z))^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$F = \frac{(APHA)_n (b)}{(DE)_n} \qquad (2)$$

$$Value = \frac{(F)(DE)}{(b)} \qquad (3)$$

ADMI با داشتن F (F=1584)، مقدار واحد ADMI برای هریک از نمونه‌های برداشتی در طی آزمایشات مختلف محاسبه گردد .همچنین با داشتن درصد عبور نور برای هر یک از نمونه‌ها در سطح 30طول موج، از فرمول زیر درصد حذف رنگ در هر طول موج بدست می‌آید (16 و 17).

$$\%R = \left[1 - \left|LOG(T_p) / LOG(T_F)\right|\right] \times 100$$

R %درصد حذف رنگ، T_F = میزان عبور نور در محلول ورودی، T_P =میزان عبور نور در محلول خروجی)پس از 20روز در روش تجزیه بیولوژیکی و یا نفوذی از غشاء در روش صافیهای غشایی

1. American Dye Manufacturer Institute

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]

نتایج

با توجه به اهداف این پژوهش، نتایج تأثیر پارامترهای مختلف بر کارایی حذف رنگ توسط روش ایزو 9888 و با استفاده از صافی های غشایی به صورت زیر ارائه می‌شود:

نتایج حاصل از آزمایشات مرحله اول نشان داد که فرایند تصفیه بیولوژیکی به تنهایی راندمان مناسبی در تصفیه فاضلاب های حاوی ترکیبات رنگی راکتیوندارد .در بهترین شرایط بهره برداری بیشترین راندمان بدست آمده در شرایط دمای آزمایشگاه برابر با 10 درصد بود (SD+2/18) که در مقایسه با راندمان های مدنظر به منظور حصول استانداردهای زیست محیطی بسیار ناچیز می باشد .درجدول 2، مقادیر فلاکس جریان قبل و بعد از شستشوی غشاء پس از عبور ماده رنگزای راکتیو از آن و درصد حذف COD(اکسیژن موردنیاز شیمیایی)، TDS (کل جامدات محلول) و رنگ در مراحل آزمایش در فشارهای مختلف و دمای (35-30)درجه سانتی گراد بدست آمده است.

بر طبق نتایج بدست آمده، درصد حذف COD، TDSو رنگ در غلظت های مختلف مواد رنگزای راکتیو برای غشاهای نانوفیلتربه ترتیب بین(33تا52)،(30تا32) و(23تا36)درصد می باشد .همچنین با استفاده ازغشای اسمز معکوس این مقادیر برای متغیر های بیان شده، بیش از 90 درصد می باشد. همچنین در بررسی تجزیه پذیری مواد رنگزای راکتیو، درصد حذف COD، 25درصدوحذف رنگ 12/5درصد می باشد . همچنین میزان ADMI ورودی 2354 و خروجی 2211 می باشد. نمودار2 نمایانگر میزان فلاکس جریان نسبت به افزایش دما در نمونه رنگ راکتیو عبوری از غشاهای نانوفیلتر 300 و 600 دالتون است .با توجه به شکل، با افزایش دما میزان فلاکس‌جریان افزایش می‌یابد.

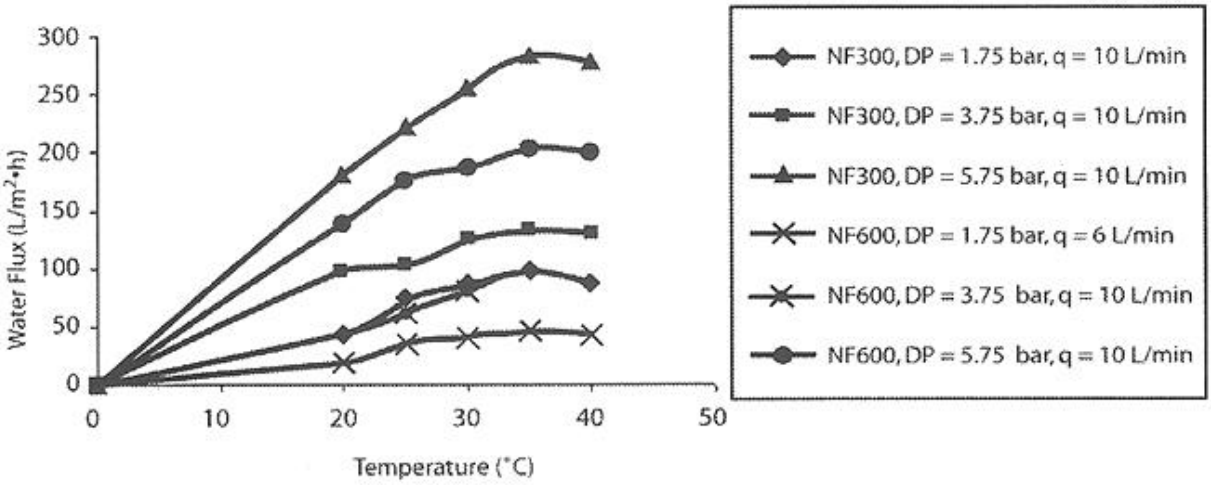
جدول شماره 2- نتایج بدست آمده ازآزمایشات انجام شده بر روی نمونه رنگ راکتیو عبوری از غشاهای مختلف در دمای 30-35° C

نوع غشاء	غلظت (mg/l)	Q (l/min)	DP (bar)	Jwi (LMH)	Jwf (LMH)	Jww (LMH)	Jwcl (LMH)	Jwc2 (LMH)	FR%	R%	%COD Removal	%TDS Removal
NF=300Da	100 ورودی و نفوذی	6	75/1	109	93	95	98	100	91	30	33	30
NF=300Da	500 ورودی و نفوذی	6	75/1	109	93	96	98	99	92	42	34	30
NF=300Da	1000 ورودی و نفوذی	6	75/1	109	97	99	99	99	90	46	5/35	33
NF=600Da	100 ورودی و نفوذی	6	75/1	50	24	30	32	37	74	20	28	26
NF=600Da	500 ورودی و نفوذی	6	75/1	50	24	28	33	39	77	25	28	5/26
NF=600Da	1000 ورودی و نفوذی	6	75/1	50	26	30	32	32	76	25	30	37
NF=300Da	100 ورودی و نفوذی	10	75/3	310	110	150	164	492	61	35	36	37
NF=300Da	500 ورودی و نفوذی	10	75/3	310	175	156	221	237	78	72	33	37
NF=300Da	1000 ورودی و نفوذی	10	75/3	310	225	196	252	25	83	69	30	39
NF=600Da	100 ورودی و نفوذی	10	75/3	136	27	50	98	101	33	23	29	28
NF=600Da	500 ورودی و نفوذی	10	75/3	136	27	78	95	103	33	25	44	28
NF=600Da	1000 ورودی و نفوذی	10	75/3	136	40	87	100	105	77	23	52	32
RO=50	100 ورودی و نفوذی	-	5/7	-	-	-	-	-	-	6/99	85	89
RO=50	500 ورودی و نفوذی	-	5/7	-	-	-	-	-	-	100	5/85	5/89
RO=50	1000 ورودی و نفوذی	-	5/7	-	-	-	-	-	-	100	99	99

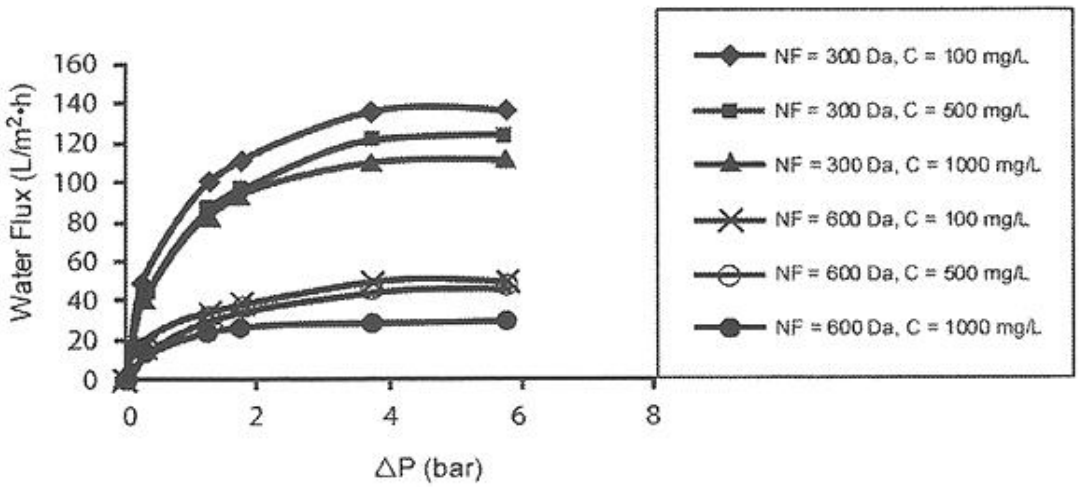
[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]

با توجه به نتایج بدست‌آمده از شکل 2، در محدوده دمایی 30-35C بیشترین فلاکس جریان برای هر دو نوع غشاء وجود دارد.

تاثیر فشار روی فلاکس جریان در شکل شماره 3 آمده است .همانطوری که از نمودار مشخص است، با افزایش فشار، فلاکس جریان نیز تا فشار 6 بار افزایش می یابد. در شکل 4، ارتباط بین تغییرات فلاکس جریان و غلظت ماده رنگزای راکتیو در محلول آبی آورده شده است .با افزایش غلظت در یک فشار و دبی معین، میزان فلاکس ثابت باقی می‌ماند.

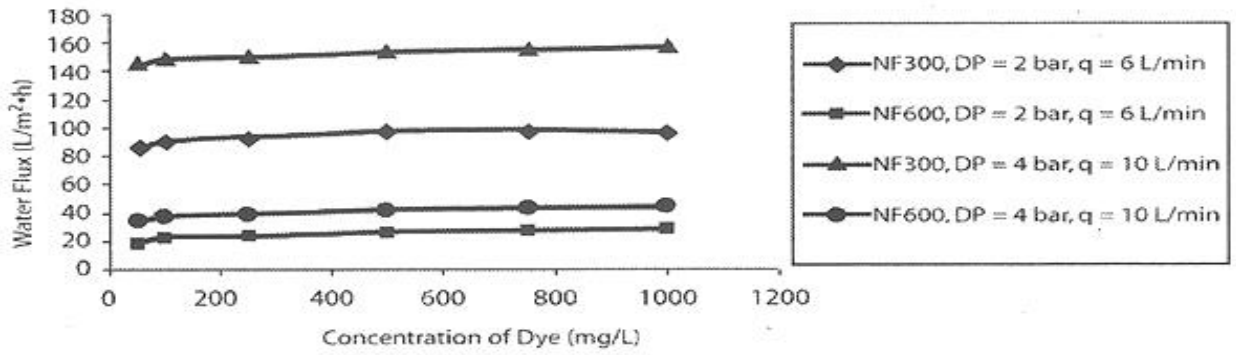


شکل شماره 2- تاثیر دمای نمونه رنگ عبوری از غشاهای نانوفیلتر در فشار و دبی های مختلف



شکل شماره 3- تاثیرفشار نمونه رنگ راکتیو عبوری از غشاهای نانوفیلتر پس از 30دقیقه در دمای 30-35 C

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]



شکل شماره 4- تاثیر غلظت نمونه رنگ راکتیو عبوری از غشاهای نانوفیلتر پس از 30 دقیقه در دمای 35-30 Cدر فشارها و دپی های مختلف

بحث و نتیجه‌گیری

در جدول 3، نتایج بدست آمده از کارایی غشاهای مختلف در حذف رنگ با هم مقایسه شده است .در رابطه با حذف ماده رنگزای راکتیو، غشاهای نانوفیلتر 300 و 600 دالتون دارای راندمان بسیار پائین می‌باشند (36%و33%)در حالی که غشاء اسمز معکوس با فشار 7/5 بار میزان رنگ را تا حدود 99 درصد و CODرا تا حدود 95 درصد کاهش می‌دهد که راندمان بسیار مطلوبی جهت حذف این نوع رنگ از پساپ فاضلاب صنعتی است

جدول شماره 3- مقایسه کارآیی غشاهای مختلف در حذف نمونه‌های رنگ اکتیو با غلظت

نوع غشاء		مقدار ADMI	درصد حذف رنگ(R%)	درصد حذف COD
Da 20000=UF	ورودی	2025	-	-
	خروجی	1892	22	31
Da 300=NF	ورودی	1251	-	-
	خروجی	1220	36	35
Da 600= NF	ورودی	1624	-	-
	خروجی	1502	29	33
Da 50=RO	ورودی	1625	-	-
	خروجی	103	6/99	85
تجزیه پذیری زیستی (ISO9888)	ورودی	2354	-	-
	خروجی	2211	12/5	25

میلی‌گرم در لیترو فشار 3بار برای UF، 4بار برای NFها و 5.7بار برای RO

در رابطه با تاثیر دما در افزایش فلاکس جریان، و همچنین درصد حذف می توان چنین بیان کرد که با افزایش دما سطح غشاء ناهموار شده وسایز منافذ غشاء افزایش می یابد که منجر به افزایش فلاکس جریان خروجی می گردد .بابالا بردن دما مشاهده می شود که ازیک محدوده دمایی، بسته به جنس غشا، به دلیل شکننده شدن دیواره غشاء فلاکس جریان خروجی، روند کاهشی را طی می کند(18).

میزان فشار عملیاتی یکی از عوامل مهم در عملکرد غشاء می باشد .نمودارفشار، و تغییرات فلاکس جریان با افزایش فشار، نمایانگر آن است که تحت شرایط معین، فلاکس جریان در غشاهای نانوفیلتر با افزایش فشار بر طبق مدل پراکندگی محلول افزایش می‌یابد .افزایش فشار محلول ورودی سبب افزایش نیروی رانش می‌گردد که این نبرو، بر مقاومت غشاء غلبه می‌کند .شایان ذکر است که ضریب انتقال جرم با فشار رابطه خطی دارد .بنابراین، این ضریب به عنوان فاکتور محدود کننده جریان، با توجه به فشار عملیاتی نمی‌باشد .درپژوهش های دیگری نیز این مسئله به اثبات رسیده است(12).

تا یک محدوده فشاری، این روند افزایش فلاکس نسبت به فشارادامه داشته، و پس از آن میزان فلاکس تابت می ماند . پژوهش های دیگری نیزنشان دهنده این مسئله می باشد .به

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]

طوری که دربررسی هایی که روی تغییرات فشار در زمانهای مختلف انجام شده است، دال برافزایش فشار اسمزی در سطح غشاء که مربوط به افزایش غلظت رنگ ورودی می‌باشد و متعاقب آن کاهش قابل توجهی ، تا حدود 48%، در فلاکس جریان خروجی بوده است .پس از 5 ساعت کارکرد غشاء، نمودار کاهش فلاکس جریان به صورت ثابت درآمده است . کاهش فلاکس جریان پس از این مدت 83%بود که این کاهش بدلیل افزایش پدیدهٔ پلاریزاسیون غلظتی، جذب و یا گرفتگی منافذ غشاء در اثر غلظت رنگ روی سطح غشاء می باشد(19).

معمولا "متعاقب افزایش فشار اسمزی، فشار رانشی سیستم کاهش می‌یابد(20).

در این پژوهش فشار عملیاتی حداکثر فشار قابل تنظیم،4 بار، درنظر گرفته شده است .

در رابطه با تاثیرغلظت روی کارآیی غشاء، با افزایش غلظت محلول ورودی،به نظر می رسد که فلاکس جریان خروجی کاهش یابد .این موضوع مربوط به افزایش پلاریزاسیون غلظتی ناشی از غلظت رنگ روی سطح غشاء و درنهایت، احتمال گرفتگی آن است .همچنین انتظار می‌رود که با افزایش غلظت رنگ درمحلول ورودی، میزان حذف مواد رنگزا، به دلیل گرفتگی غشا، کاهش یابد در حالی که نتایج بدست آمده از مطالعات قبلی نشان دهنده عدم تغییر فلاکس جریان نسبت به غلظت رنگ و عدم افزایش لایه پلاریزاسیون غلظتی و یا گرفتگی می باشد.همچنین مقادیر حذف رنگ نیز با افزایش غلظت رنگ تغییری نمی‌کنند(20).

همانطوری که در شکل4 نیزدیده می شود، تغییرات فلاکس جریان نسبت به غلظت ثابت است .به عبارت دیگر با افزایش غلظت مواد رنگزای راکتیو، راندمان حذف و فلاکس جریان روند افزایشی نداشته و ثابت باقی می مانند .این امر به واسطه کاهش اندازه منافذ سطح غشاء به دلیل تجمع رنگ می باشد(10)

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]

References

1. Koyuncu I. Reactive dye treatment in dye/salt mixtures by nanofiltration membranes containing vinylsulphone dyes: Effects of feed concentration and cross flow velocity. Desalination, 2002; 143; 243-253
2. Marcuccl M, Nosenzo G. Capannelli G, Ciabatt I, Corrieri D, Ciardelli G, Treatment and reuse of textile effluents based on new ultrafiltration and other membrane technologies, Desalination, 2001; 138: 75-82
3. Porter JJ, Sinder E. Long-term Biodegradability of Textile Chemical, J. WPCF, 1979; 48(9)
4. Paggaudo T, Development of Method for Adsorption, Dye house on activates Sludge. Water Res. 1994; 10: 1051-1057
5. Yu S, Gas C, SU H, Liu M. Nanofiltration uses for desalination and concentration in dye production. Desalination. 2001; 140: 97-100
6. Dhale AD, Mahajoni VV. Studies on treatment of disperse dye waste: membrane-wet oxidation process. Waste mang. 2000; 20: 85-92
7. Bruggen V, Vreese ID, Vandecastede C. Water reclamation in the textile industry: nanofiltration of dye baths for wool dyeing, Ind. Eng.chem Res. 2001; 40; 3973-3978
8. Marcucci M, Nosenzo G, Capnnelli G, Ciabtti I, Corrieri D, Ciardelli G. Treatment and reuse of textile effluents based on new ultrafiltration and other membrane technologies. Desalination. 2001; 131: 75-82
9. DasGupta S, Chakraborty S, Purkait MK, Basu. Nanofiltration of textile plant effluent for color removal and reduction in COD, Separation and purification Technology. 2003; 31: 141-151
10. Ahmad AL, Puasa SW, Zulkali MMD. Micellar-enhanced ultrafiltration for removal of reactive dyes from an aqueous solution. Desalination. 2006; 191(1-3): 153-161
11. Petrinić I, Andersen NPR, Turk SS, Marechal AML. The removal of reactive dye printing compounds using nanofiltration. Dyes and Pigments, 2007; 74(3): 512-518
12. Akbari A, Remigy JC, Aptel P. Treatment of textile dye effluent using a polyamide-based nanofiltration membrane. Chem. Eng. Process. 2002; 41:601-609
13. Paul R, Thampi J, Naik SR. Dye Effluent, A Natural Remedy. Ind. Textile J. 1996: 98-103
14. ISO9888. Water quality- evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds, aqueous medium-static test (Zahen- Wellens method). International Standard Organization, 2nd ed. 1999
15. Watters JC, Biagtan E. Ultrafiltration of a Taxtile plant Effluent. Sep. SCi. Technol. 1991; 26: 1259-1313
16. SAPHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for Water and Wastewater Examination. 21th ed. 2001
17. Wyszecki J,.Stile S. Color Science. Wiley, ny. 1967

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]

18. Gholami M, Nasseri S, Feng CY, Matsuura T, Khulbe KC. The effect of heat treatment on the ultrafiltration performance of polyethersulfone (PES) hollow- fiber membranes. Desalination. 2003; 155: 293-301

19. Dhabi M, Gzara L, Fersi C. Treatment of textile effluents by membrane technologies. Desalination. 2005; 185: 399-409

20. Tang C, Chen V. Nanofiltration of textile wastewater for water reuse. Desalination.2003; 143(1): 11-20

[Downloaded from yafte.lums.ac.ir on 2026-11-26]