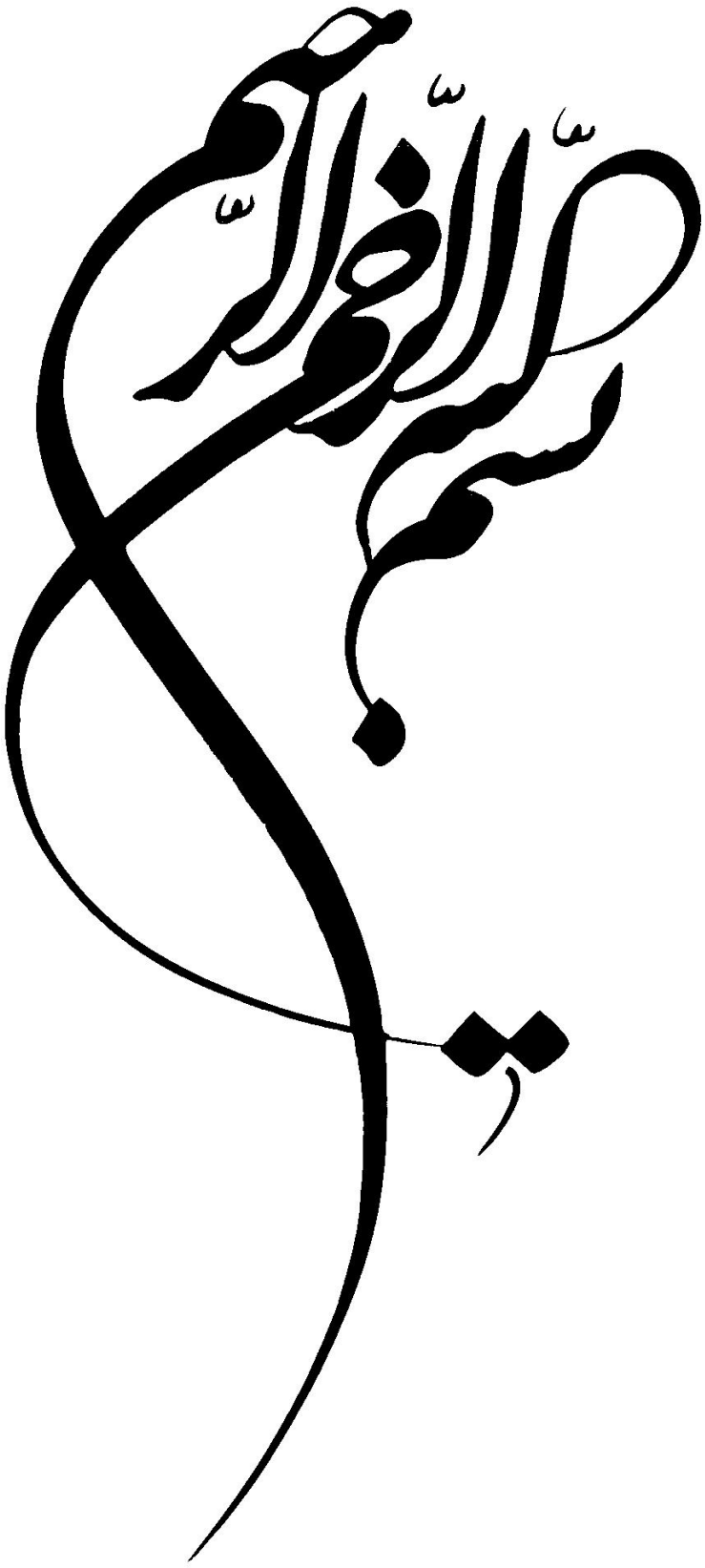

بسم الله الرحمن الرحیم

**دانشگاه آزاد اسلامی**
**واحد شاهرود**

**دانشكده فني و مهندسي، گروه مهندسی شیمی**
**پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد((M.Sc.))**
**گرایش: مهندسی شیمی**

**عنوان:**
# استفاده از نانوفیلتراسیون جهت حذف نیترات ونیتریت از آب آشامیدنی شهر شیراز

**استاد راهنما:**
**دكتر رضا پولادي**

**استادان مشاور:**
**دكتر صاحبعلي منافي**
**دكتر محمد رضا رحیم پور**

**نگارش:**
**محمد علي نيرومند**

**پاییز ۱۳۹۱**

**ISLAMIC AZAD UNIVERSITY**

**Shahrood Branch**

**Faculty of Engineering- Department of Chemical Engineering**

**«M.Sc.»**

**Thesis On Chemical Engineering**

**Subject:**

# Using nano-filtration for the removal of nitrate and nitrite in drinking water in Shiraz City


**Thesis Advisor :**

**Reza Pooladi ph.D.**

**Consulting Advisor :**

**Saheb Ali Manafi ph.D.**

**Mohammad Reza Rahimpoor ph.D.**

**By :**

**Mohammad Ali Niroomand**


**Autmne2012**

**بسمه تعالی**

تعهد نامه اصالت رساله پایان نامه

اینجانب محمد علی نیرومند دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته / دکتری حرفه ای /دکترای تخصصی در رشته مهندسی شیمی که در تاریخ ۱۳۹۱/۹/۲۳از پایان نامه خود تحت عنوان" استفاده از نانوفیلتراسیون جهت حذف نیترات ونیتریت از آب آشامیدنی شهر شیراز " با کسب نمره ۲۰ و درجه عالی دفاع نموده ام بدین وسیله متعهد می شوم:

۱)این پایان نامه /رساله حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه ،کتاب،مقاله و...)استفاده نموده ام ،مطابق ضوابط و رویه موجود،نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست مربوطه ذکر و درج کرده ام.

۲)این پایان نامه/رساله قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح،پایین تر یا بالاتر)در سایر دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳)چنانچه بعد از فراغت تحصیل ،قصد استفاده و هر گونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب ،ثبت اختراع و...از این پایان نامه داشته باشم،از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

۴)چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود،عواقب ناشی از آن را می پذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با این جانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

**نام و نام خانوادگی**

**امضاء و تاریخ**

**سپاس گزاری:**

سپاس و ستایش خداوند عزوجل که به بنده خویش توفیق بندگی عطا فرمود و کسب علم و دانش را چراغ هدایت و معرفت او قرار داد.

بدینوسیله از صمیم قلب از زحمات استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر پولادی که با راهنمایی های خود در به سرانجام رساندن تلاشم یاری نموده و نیز از استادان ارجمند جناب آقای دکتر منافی و جناب آقای پرفسوررحیم پورو همچنین از کلیه کسانی که مرا در تهیه و تدوین پایان نامه یاری نمودند تشکر و قدر دانی می نمایم.

**تقدیم :**

**«به پدر و مادر عزیزم»**

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


چکیده ..... ۱

مقدمه ..... ۲

**فصل اول: کلیات**

۱- ۱ فرآیند هاي جداسازي به وسیله غشاء ..... ۶

۱- ۲ دسته بندی فرآیند های غشایی ..... ۸

۱-۲-۲ نانو فیلتراسیون ..... ۱۰

۱-۳ انواع غشآها با تقسیم بندی های مختلف ..... ۱۰

۱-۳-۱ مورفولوژی ..... ۱۰

۱-۳-۲ غشاهاي متقارن ..... ۱۱

۱-۳-۳ غشاهاي نامتقارن ..... ۱۱

۱-۳-۴ غشاهای کمپوزیت ..... ۱۱

۱-۳-۵ غشاهاي منفذ دار یا متخلخل ..... ۱۱

۱-۳- ۶ غشاهاي متراکم ..... ۱۲

۱-۳- ۷ ماهیت شیمیایی ..... ۱۲

۱-۳-۸ غشاهاي آلی ..... ۱۲

۱-۳-۹ غشاهاي معدنی ..... ۱۳

۱-۳-۱۰ اشکال هندسی غشاها ..... ۱۳

۱-۳-۱۱ مدول صفحه ای یا تخت ..... ۱۳

۱-۳-۱۲ مدول مارپیچ یا حلزونی ..... ۱۴

۱-۳-۱۳- مدول الیاف توخالی ..... ۱۴

۱-۳-۱۴- مدول لوله ای ..... ۱۴

۱- ۴ پدیده هاي جدا نشدني هنگام استفاده از غشاء ..... ۱۵

۱-۴-۱ پلاریزه شدن ..... ۱۵

۱-۴-۲ انسداد غشاء ..... ۱۵
۱-۴-۳ جرم گرفتگی..... ۱۶
۱-۴-۴ روش های عملکرد فرآیند های غشایی ..... ۱۶
۱- ۵ نانو فیلتراسیون..... ۱۷
۱- ۶ ساختار نانو غشاها..... ۱۹
۱-۶-۱ مشخصه هاي غشاهاي پليمري آلي..... ۲۰
۱-۶-۲ مشخصه هاي غشاهاي معدني..... ۲۱
**فصل دوم :روش های حذف نیترات و نیتریت از آب**
۲- ۱ حذف نیترات توسط نانو فیلتراسیون در سیستم های آب آشامیدنی بسیار کوچک ..... ۲۶
۲-۱-۱ تاثیر غلظت $No_3$-N بر روی عملکرد غشاء ..... ۲۷
۲-۱-۲ مقایسه حذف یون کلراید $No_3$-N توسط UTC-20 ..... ۲۸
۲- ۱-۳ تاثیرات کیفیت آبهای زیرزمینی برروی عملکرد غشاء ..... ۲۸
۲- ۲ عملکرد غشاهای نانو فیلتراسیون تجاری در حذف یونهای نیترات ..... ۲۹
۲-۲- ۱تاثیر فشار بین غشایی بر روی جریان آب حجمی ..... ۳۱
۲-۲-۲ تاثیرات غلظت نیترات بر روی حذف نیترات..... ۳۱
۲- ۲-۳ تاثیرات مقادیر pH و غلظت یون های نیترات و سولفات..... ۳۱
۲- ۲-۴ مقایسه غشاء..... ۳۲
۲- ۳ نرم کردن آب با استفاده از غشاهای نانو فیلتراسیون کم هزینه عمومی..... ۳۳
۲- ۴ تاثیرات pH بر روی حذف فلوراید، نیترات، و بور توسط نانو فیلتراسیون / اسمز معکوس ۳۷
۲-۵ کارایی نانو فیلتراسیون در حذف نیترات از آب های زیرزمینی (مقیاس نیمه صنعتی) ۴۴
۲- ۶ ارزیابی ذرات نانوی خود ساخته غشاهای پلی اتر سولفون، نسبت به غشاهای نانو فیلتراسیون تجاری..... ۴۶
۲- ۷ حذف نیترات از محلول های یونی چهارگانه توسط غشاهای نانو فیلتراسیون محکم... ۴۹
۲- ۷-۱ حذف در سیستم های مضاعف: تاثیرات نوع آنیون..... ۵۳
۲- ۸ حذف سیستم های مضاعف: تاثیرات نوع کاتیون..... ۸۳
**فصل سوم : مواد و روش ها**
۳- ۱ مقدمه ..... ۵۶
۳- ۲ سنتز نانو غشاء پليمري ..... ۵۷
۳- ۲-۱مواد اولیه..... ۵۷

۳- ۲- ۲ روش ساخت نانو غشاء ..... ۵۸
۳- ۲-۳ نتایج حاصل از آنالیز میکروسکوپ الکتریکی روبشی ..... ۵۹
۳- ۳ ساخت و راه اندازی (set up) مقیاس آزمایشگاهی نانو فیلتراسیون ..... ۶۲
۳- ۳-۱ مشخصات دستگاه نانو فیلتراسیون ..... ۶۴
۳- ۳-۲ شماتیک دستگاه آزمایشگاهی ..... ۶۵
۳- ۴ تهیه محلول استاندارد نیترات و نیتریت و روش های اندازه گیری ..... ۶۶
۳- ۴-۱ تهیه محلول استاندارد نیتریت ..... ۶۶
۳- ۴-۲ روش اندازه گیری نیتریت ..... ۶۷
۳- ۴-۳ تهیه محلول استاندارد نیترات ۵۰ mg/l ..... ۶۹
۳- ۴-۴ روش اندازه گیری نیترات ..... ۷۰
۳- ۵ بررسی نفوذ پذیری غشاء ..... ۷۱
۳- ۵- ۱ بررسي نفوذپذیری غشاء نسبت به نمونه واقعی ..... ۷۱
۳- ۵-۲ نتایج بررسی نفوذپذیری غشاء نسبت به آب مقطر ..... ۷۲
۳-۵-۳ بررسی نفوذپذیری غشاء نسبت به نمونه واقعی ..... ۷۳
۳- ۵-۴ نتایج بررسی شده نسبت به نمونه واقعی ..... ۷۵
۳-۶ بررسی اثر فشار بر فرآیند نانو فیلتراسیون ..... ۷۷
۳- ۶-۱ بررسی اثر فشار بر فرآیند نانو فیلتراسیون ..... ۷۷
۳- ۶-۲بررسی اثر pH به فرآیند نانو فیلتراسیون ..... ۷۸

**فصل چهارم: نتایج و بحث**

۴- ۱نتایج و بحث ..... ۸۰

**فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات**

۵- ۱ نتیجه گیری ..... ۸۳
۵-۲ پیشنهادات ..... ۸۴
فهرست منابع فارسي ..... ۸۵
فهرست منابع غیر فارسي ..... ۸۶
فهرست نمادها و علائم ..... ۹۰
چکیده انگلیسي ..... ۹۱

## فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**

جدول (۱-۱). دسته بندی فرآیندهای غشایی برای تصفیه محلول ها ..... ۹
جدول (۱-۲). ویژگی های فرآیندهای مختلف فیلتراسیون ..... ۹
جدول (۱-۳). کاربردهای ممکن فرآیند نانو فیلتراسیون در صنایع مختلف ..... ۱۸
جدول (۱-۴). نقطه بار صفر برای اکسیدهای فلزی استفاده شده در نانو غشاهای معدنی ... ۲۲

**فهرست اشکال**

**عنوان** **صفحه**


شکل (۱-۱). مکانیزم اصولی عملکرد فرآیندهای غشایی ..... ۷

شکل (۱-۳). تصویر دستگاه SEM CAMBRIDGE S360 ..... ۵۹

شکل (۲-۳). تصویر SEM با وضوح ۲۰۰۰۰ برابری از سطح غشاء قبل از استفاده ..... ۶۰

شکل (۳-۳). تصویر SEM با وضوح ۱۰۰۰۰ برابری از سطح غشاء قبل از استفاده ..... ۶۰

شکل (۴-۳). تصویر SEM با وضوح ۱۰۰۰۰ برابری از سطح غشاء بعد از استفاده در شرایط عملیاتی pH=7 ..... ۶۱

شکل (۵-۳). تصویر SEM با وضوح ۱۰۰۰۰ برابری از سطح غشاء بعد از استفاده در شرایط عملیاتی pH=8 ..... ۶۱

شکل (۶-۳). تصویر SEM با وضوح ۱۰۰۰۰ برابری از سطح غشاء بعد از استفاده در شرایط عملیاتی pH=6 ..... ۶۲

شکل (۷-۳). نمایه ای از مدول جریان متقاطع دستگاه ..... ۶۳

شکل (۸-۳). تصویر نیروی اعمال شده بر ذرات و اجزای موجود بر محدوده ی سرعت در بالای سطح غشاء ..... ۶۳

شکل (۹-۳). مقطع عرضی ماژول دستگاه نانو فیلتراسیون ..... ۶۳

شکل (۱۰-۳). تصویری از دستگاه نانو فیلتراسیون ..... ۶۵

شکل (۱۱-۳). نمایی از ترازوی METTLER PM 200 ..... ۶۶

شکل (۱۲-۳). نمایی از دستگاه اسپکتروفتومتر DR2800 ..... ۶۷

شکل (۱۳-۳). نمایی از ترازوی METTLER PM 200 ..... ۶۹

شکل (۱۴-۳). نمایی از دستگاه اسپکتروفتومتر DR5000 ..... ۷۰

شکل (۱۵-۳). تصویر دستگاه آب مقطر ..... ۷۱

شکل (۱۶-۳). تصویر دستگاه pH متر ..... ۷۳

شکل (۱۷-۳). تصویر دستگاه هدایت الکتریکی ..... ۷۴

شکل (۱۸-۳). تصویر دستگاه TDS ..... ۷۴

## فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**

نمودار (۳-۱). مربوط به فلاکس جرمی نسبت به زمان با استفاده از واشر ۰/۵ میلی متری در فشارهای (۲،۴،۶،۸) بار با خوراک آب مقطر ..... ۷۲
نمودار (۳-۲). مربوط به فلاکس جرمی نسبت به زمان با استفاده از واشر ۱ میلی متری در فشارهای (۲،۴،۶،۸) بار با خوراک آب مقطر ..... ۷۲
نمودار(۳-۳). مربوط به فلاکس جرمی نسبت به زمان با استفاده از واشر ۱/۵ میلی متری در فشارهای (۶،۸،۲،۴) بار با خوراک آب مقطر ..... ۷۳
نمودار(۳-۴). مربوط به فلاکس جرمی نسبت به زمان با استفاده از واشر ۰/۵ میلی متری در فشارهای (۲،۴،۶،۸) بار با خوراک نیترات با غلظت اولیه ۴۴/۳ ppm ..... ۷۵
نمودار(۳-۵). مربوط به فلاکس جرمی نسبت به زمان با استفاده از واشر ۰/۵ میلی متری در pH (۸،۷،۶) بار با خوراک نیترات با غلظت اولیه ۴۴/۳ ppm ..... ۷۶
نمودار(۳-۶). مربوط به فلاکس جرمی نسبت به زمان با استفاده از واشر ۰/۵ میلی متری در فشارهای (۲،۴،۶،۸) بار با خوراک نیتریت با غلظت ۱۰ppm ..... ۷۷
نمودار(۳-۷). مربوط به فلاکس جرمی نسبت به زمان با استفاده از واشر ۰/۵ میلی متری و فشار بهینه ۶ بار در ۸و ۷ = pH از خوراک نیتریت با غلظت ۱۰ ppm ..... ۷۸

**چکیده**

سطوح بالای نیترات و نیتریت در آب به عنوان یک تهدید، سبب تولید آب در بسیاری از کشور ها در سراسر جهان گردید.

در کنار اسمز معکوس که کاربرد گسترده ای برای تصفیه آب داراست، تحقیقات اخیر نشان می دهد که نانو فیلتراسیون تکنولوژی امید بخش و متنوعی در حذف نیترات و نیتریت ازمنابع آب های زیرزمینی به حساب می آید و غشاء NF به اندازه کافی نقش حیاتی در بازده حذف بازی می کند. در این کار غشاء لایه نازک کامپوزیتی برای حذف نیترات و نیتریت در مقیاس مطالعاتی ایجاد گردید. تاثیر پارامتر های عملیاتی فشار و pH مورد بررسی قرار گرفت، که نتایج نشان میدهد که غشاء ایجاد شده بهترین عملکرد با فشار ۶ بار و pH ۸ را دارا می باشد. در شرایط بهینه به ترتیب به حذف نیترات ۳۱/۸۲% و حذف نیتریت ۲۷/۹۰% دست یافتیم.

کلمات کلیدی

آب آشامیدنی، نیترات و نیتریت، غشاء TFC، نانو فیلتراسیون، pH

**مقدمه**

نیتروژن به شکل های مختلفی موجود است، زیرا می تواند حالت های اکسیداسیون متفاوتی را به خود بگیرد. تغییرات اعداد اکسیداسیون نیتروژن در محیط به وسیله موجودات زنده و به روش بیولوژیکی انجام می پذیرد. در فاضلاب نیتروژن به طور عمده به شکل آلی، آمونیاک و نیترات است.

برخی از اجزا و آلاینده های موجود در آب ممکن است اثرات نامطلوبی همچون سرطان زایی، نقص عضو مادرزادی، بیماری های قلبی عروقی، فشار خون و اثر بر سیستم های عصبی را به دنبال داشته باشد. نیترات یکی از عوامل شیمیایی است که می تواند سلامت آب شرب را تحت تاثیر قرار دهد و باعث ایجاد عوارض و اثرات سو بهداشتی در مصرف کننده شود. نیترات به عنوان آخرین مرحله اکسیداسیون ترکیبات نیتروژن دار محسوب می شود، که عامل بیماری متهموگلومبین میا[1]در نوزادان می باشد و احتمال تشکیل ترکیبات سرطان زای نیتروزامین از آن به عنوان یکی از شاخص های شیمیایی آلودگی آب به فاضلاب ها و پسماند های جامد مورد توجه است. در بیماری متهموگلومبین میا، نیترات باعث اختلال در سیستم تنفسی و کاهش اکسیژن خون در نوزاد شده، این نارسایی باعث کمبود شدن نوزاد می گردد. همچنین غلظت بالای نیترات باعث سقط جنین در زنان می شود. از طرفی غلظت طبیعی نیترات و نیتریت در منابع آب زیر زمینی تحت شرایط هوازی بستگی به نوع خاک و شرایط زمین شناختی دارد؛ به طوری که در کشور آمریکا سطح طبیعی نیترات بین ۹-۴ میلی گرم در لیتر و نیتریت۳ /۰ میلی گرم در لیتر گزارش شده است، اما انجام فعالیتهای کشاورزی و نشت از طریق تاسیسات فاضلاب شهری و صنعتی قادر خواهد بود، میزان نیترات را به صدها میلی گرم در لیتر برساند، نتایج حاصل از بررسی غلظت نیترات در آب چاهها در مناطق مختلف نشان می دهد، تغییر غلظت نیترات در فصل های تابستان و پاییز بیشتر بوده، حتی در برخی نواحی از مقادیر استاندارد نیترات در آب آشامیدنی نیز بالاتر بوده است. طبق رهنمود سازمان جهانی و آخرین استاندارد ملی کشور، حداکثر مجاز یون نیترات در آب آشامیدنی (mg/l) ۵۰ بر حسب نیترات است و بر این مبنا یک مقدار رهنمودی مشروط برای نیتریت به میزان ۳ میلی گرم در لیتر پیشنهاد شده است [۲].

سازمان جهانی بهداشت رهنمود ۰/۲میلی گرم در لیتر را برای عوارض مزمن نیتریت توصیه کرده است. به دلیل امکان وجود همزمان یونهای نیترات و نیتریت در آب آشامیدنی، مجموع نسبت های مقادیر اندازه گیری شده هریک از این عوامل به مقادیر رهنمودی پیشنهادی آن ها، به الزام باید

[1] – methaemoglobinaemia

کمتر از یک باشد. آب ها به طور طبیعی ودر صورت عدم آلودگی دارای مقدار کمتر از (mg/l) ۱ نیترات هستند.

امروزه فناوری نانو از کاربردهای گسترده ای در حوزه های مختلف از جمله مهندسی، محیط زیست و علوم آب برخوردار است، از عملی ترین روش های حذف نیترات میتوان به فرآیند غشایی اشاره کرد. از رایج ترین سیستم های فرآیند غشایی می توان از سیستم نانو فیلتراسیون نام برد. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی سیستم نانو فیلتراسیون در حذف نیترات و نیتریت از آب آشامیدنی می باشد.

# فصل اول

# نانوفیلتراسیون و کاربرد های آن

آلودگی نیتراتی آب یکی از مشکلات فزاینده در دنیای امروز می باشد، که با افزایش پدیده خشکسالی و فعالیتهای کشاورزی و تراکم بالای جمعیت، مناطق مختلفی را تحت تاثیر قرار داده است. هر چند که مسمومیت اولیه نیترات کم است ولی وجود آن در آب آشامیدنی تهدیدی جدی برای سلامتی می باشد، چنانچه غلظت های نیترات بیش از (mg/l) ۵۰ در آب، می تواند در دستگاه گوارش کودکان، منجر به خفگی حاد و حساسیت های شدید گردد. مطالعات آسیب شناسی در مورد نیترات نشان داده که این ماده عامل نقص عضو مادرزادی و افزایش خطر ابتلا به سرطان می باشد. از آنجایی که بسیاری از منابع آب در ایران و جهان با مشکل غلظت بیش از حد مجاز رو به رو می باشند. لذا می بایست علاوه بر انجام روش هایی جهت جلوگیری از آلودگی بیشتر این منابع، راهکارهای مناسب تصفیه آب، بررسی و مورد استفاده قرار گیرد. از عملی ترین روش های حذف نیترات می توان به فرآیندغشایی اشاره کرد. طی مدت زمان نزدیک به نیم قرن، فرآیندهای غشایی جایگاه بسیار بالایی را در صنعت جداسازی و استخراج پیدا کرده اند. در حقیقت کاربرد غشاها در فرآیند های جداسازی، استخراج، تغلیظ و پالایش محصولات به صورت پیوسته و بدون افزایش ماده اضافی دیگر امکان پذیر می باشد. در حال حاضر فرآیندهای غشایی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می گیرد که از آن جمله می توان به کاربرد آن در صنایع غذایی (پالایش آب میوه و تصفیه شیر و لاکتوز)، پزشکی (همودیالیز با کلیه های مصنوعی) و تصفیه آب (تولید آب آشامیدنی) اشاره کرد.

فرآیند های غشایی با توجه به کاربردشان در صنایع مختلف دارای مزایای زیر هستند[ ۱]:

- صرفه جویی در مصرف انرژی طی عمل جداسازی به گونه ای که در اکثر مواقع جداسازی بدون تعییر فاز و بدون تغییر درجه حرارت محلول انجام می شود.
- تکنولوژی ساده و کاربرد آسان آن؛
- سازگاری با محیط زیست و دارای حداقل آسیب رسانی به محیط زیست؛
- تولید محصول باکیفیت بسیار بالا؛
- انعطاف پذیری بسیار زیاد در طراحی سیستم؛

- امکان ترکیب با سایر فرآیند های جداسازی؛
- آسان بودن نظافت سیستم؛

**۱-۱ فرآیند های جداسازی به وسیله غشاء**

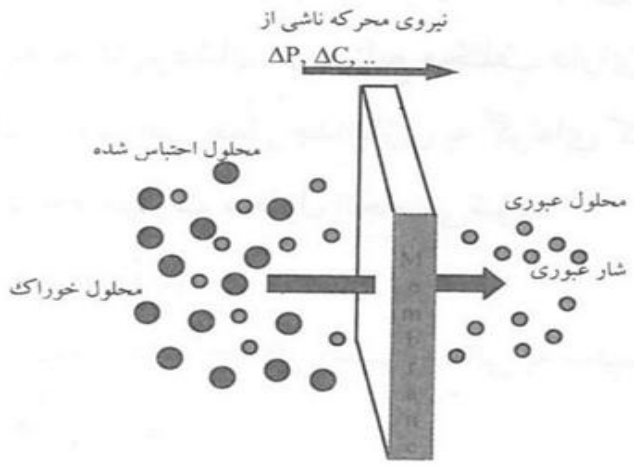
یک غشاء به مانند یک سد فیزیکی انتخابگر[1] می تواند تعریف شود، به طوری که دو فاز را از یکدیگر جدا کرده و تحت تاثیر اختلاف پتانسیل شیمیایی، عبور بعضی از ترکیبات موجود در محلول را از روی سطح غشا محدود می کند. یک غشاء به طور تقریبی در مقابل بعضی از مولکول ها نفوذ پذیر است و بدین علت به آن نیمه تراوا[2] گویند. حال اگر فرآیند جداسازی در یک فاز مایع، تحت تاثیر اختلاف فشار کنترل شود به آن فیلتراسیون غشایی[3] گفته می شود که در این حالت حذف حلال (در اکثر مواقع آب) را از یک محلول (یا یک سوسپانسیون) امکان پذیر می کند. یک غشاء به طور معمول توسط دو ویژگی مهم مشخص می شود؛ یکی دبی جریان خروجی از غشاء بر واحد سطح یا شار و دیگری میزان احتباس (درصد مولکولی که از غشاء عبور نمی کند).
به طور کلی عملکرد یک فرآیند غشایی بر دو اصل استوار است:

۱- اختلاف پتانسیل شیمیایی ذرات موجود در سیال در دو طرف غشاء؛

۲- قابلیت غشاء در عبور بعضی از ذرات از روی آن.

نیرو های محرکه گوناگونی در انتقال مواد از روی یک غشاء دخالت دارند. این نیروها می تواند برای مثال، در اثر اختلاف فشار، غلظت، حرارت و پتانسیل الکتریکی باشند. اصول عملکرد یک فرآیند غشایی در شکل (۱) نشان داده شده است [۱].

[1] - Selective
[2] - Semipermeable
[3] - Membrane filtration




**شکل (۱-۱). مکانیزم اصولي عملکرد فرآيند هاي غشايي[۱]**

**مکانیزم های جداسازی**

به طور کلی سه نوع مکانیزم جداسازی توسط غشاها وجود دارد:[۲، ۱]

**۱- غربال مولکولی**

فقط ترکیباتی که اندازه مولکولی آن ها کوچکتر از اندازه قطر حفره های ترکیبات سازنده غشاء (به طور معمول مواد پلیمری) است، می توانند از غشاء عبور کنند. این نوع غشاها که تحت عنوان غشا های منفذ دار[۱] (متخلخل) معروفند، برای فرآیند فیلتراسیون محلول های مایع- مایع یا مایع– جامد استفاده می شوند.

بنا به تعریف ایوپاک[۲]، غشاهای منفذ دار را با توجه به بزرگی قطر روزنه ها (حفره ها) می توان در سه گروه زیر تقسیم بندی کرد:

- غشاء با حفرهای کوچک[۳]؛ قطر متوسط حفره ها در این نوع غشاها کمتر از ۲ نانو متر می باشد.
- غشاء با حفرهای متوسط[۴]؛ قطر متوسط حفره ها در این نوع غشاها بین ۲ تا ۵۰ نانو متر می باشد.
- غشاء با حفرهای بزرگ[۵]؛ به طور متوسط قطر حفره ها در این غشاها بزرگتر از ۵۰ نانو متر می باشد.

---

[1] – .Porous membrane

[2] – .IUPAC(International Union Of Pure and Applied Chemistery)

[3] – Micro porous

[4] - Macro porous

[5] - Danse membrane

**۲- نفوذ مولکولی**

در غشاهای بدون حفره یا متراکم، مکانیزم جداسازی به وسیله نفوذ مولکولی در درون فضاهای خالی موجود در ماکرومولکول های سازنده غشاء کنترل می شود. غشاهای متراکم همانند مواد یکنواخت (هموژن)،که برحسب عملکرد مکانیکی غشاء دارای ضخامتی بین ۱تا ۳۰۰ میکرومتر می باشد، در نظر گرفته می شوند. به طور طبیعی هرچه ضخامت غشاء بیشتر شود، موجب کاهش نفوذ پذیری حلال در غشاء می شود. در چنین غشاهایی نسبت مناطق بی نظم (آمورف) به مناطق منظم (کریستالی) تاثیر به سزایی در عملکرد غشاء خواهد داشت. انتقال مولکول و به دنبال آن گزینش پذیری، ناشی از عملکرد پدیده نفوذ است که در آن بر هم کنش های حلال- پلیمر و حل شده- پلیمر نقش اساسی را بازی می کنند. این غشا های بدون حفره در اغلب موارد برای تصفیه گاز و یا در فرآیند اسمز معکوس مورد استفاده قرار می گیرند.

**۳- اختلاف بار یونی (شارژ یونی)**

در نهایت به نوع سوم از مکانیزم های جداسازی- که بیشتر در غشاهای نوع تعویض یونی دیده می شود- اشاره می شود. در این مکانیزم بر حسب بار یونی مولکول در محلول، و دانسیته بار یونی موجود در سطح غشا، عمل جداسازی کنترل و هدایت می شود.

**۱-۲ دسته بندی فرآیند های غشایی**

در تمام فرآیند های جداسازی، به منظور انتقال مواد از یک فاز به فاز دیگر به نیروی محرکه برای غلبه بر اختلاف پتانسیل شیمیایی نیاز است. فرآیند های جداسازی بر حسب نوع نیروی محرکه مورد نیاز به انواع مختلف تقسیم می شودکه در نگاره (۱) به طور کامل به آن اشاره شده است [۱].