

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت معلم تهران
دانشکده شیمی
پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی کاربردی

عنوان:

استخراج رنگ کاتیونی متیلن بلو به کمک سیانکس ۳۰۱
به عنوان حامل، در حضور سورفکتانت Triton-X-114 به
وسیله غشاء مایع توده ای

استاد راهنما:

پروفسور سید سیاوش مدائنی

نگارش:

زهرا جمالی

مهر ماه ۱۳۸۸

بجز پارس همه فداکاری ها و تلاش های بی دریغ

پدر و مادر و دختر عزیزم

این پایان نامه را به ایشان تقدیم می نمایم.



بسمه تعالی

صور تجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده شیمی

جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد **خانم زهرا جمالی** دانشجوی شیمی گرایش کاربردی تحت عنوان : **استخراج رنگ کاتیونی متیلن بلو بوسیله سیانکس ۳۰۱ و سورفکتانت Triton-X- 114 از غشاء مایع توده ای** در ساعت ۹ صبح روز سه شنبه مورخ ۱۴/۷/۸۸ در محل سالن همایش های دانشکده شیمی با حضور امضاء کنندگان ذیل تشکیل شد .

خانم زهرا جمالی خلاصه کارهای تحقیقاتی خود را ارائه نمود و پس از پرسش و پاسخ هیأت داوران کار تحقیقاتی **خانم زهرا جمالی** را در سطح عالی ارزشیابی نموده و برای نامبرده نمره (۱۹٫۵) را منظور نمودند .

۱- استاد راهنما: **آقای دکتر سید سیاوش مدائنی**

۲- عضو هیأت علمی (داور): **آقای دکتر محمد حسین مشهدی زاده**

۳- عضو هیأت علمی (داور): **آقای دکتر مجید بهمنی مکوندزاده**

۴- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده: **آقای دکتر مهرداد قائمی**

اسدا... بیرقی

رئیس دانشکده شیمی

تقدیر و تشکر :

اکنون که به لطف و عنایت پرور دگار یکتا موفق به گردآوری، تدوین و تنظیم این پایان نامه گشتم وظیفه خود می دانم که از تمام عزیزانی که در این راه به من کمک کردند ، نهایت سپاسگزاری را داشته باشم:

- از جناب آقای پروفیسور سید سیاوش مدائنی که راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند، کمال تشکر را دارم.

- از جناب آقای دکتر مشهدی زاده و جناب آقای دکتر بهمنی که زحمت داوری و تصحیح پایان نامه را به عهده داشتند ، تشکر می کنم.

- از تمام اساتید دانشکده شیمی که افتخار دانشجویی آن ها را در این مقطع از تحصیل داشته ام تشکر می کنم.

- از کارکنان دانشکده شیمی سپاسگزارم.

- از خانواده عزیزم به خاطر تمامی کمک ها و محبت هایشان سپاسگزارم.

- از جناب آقای اسلامی و دوستان عزیزم خانم ها: فاطمه خرم جاه، شیما

میراخوری، به خاطر محبت ها و کمک های بی دریغشان نهایت سپاس و قدردانی را دارم .

- از کمک های بی شائبه تمام دوستان عزیزم تشکر می کنم.

چکیده

سیستم غشاء مایع جدیدی، حاوی بیس (۲ و ۴ و ۴-تری متیل پنتیل) دی تیوفسفنیک اسید، با نام تجاری سیانکس ۳۰۱ به عنوان حامل و سور فکتانت غیر یونی تریتون X-114، برای انتقال رنگ کاتیونی متیلن بلو تهیه و بررسی شد. سیانکس ۳۰۱ به عنوان یک حامل گزینشی در این غشاء مایع توده ای حاوی کلروفرم و n-هگزان، برای انتقال رنگ کاتیونی متیلن بلو به کار می رود. ماکزیمم استخراج رنگ (۸۵٪) در غلظت 2×10^{-4} مولار حامل و ۱ درصد وزنی-حجمی محلول سورفکتانت در فاز غشاء و 2×10^{-1} مولار محلول سولفوریک اسید در فاز گیرنده، پس از ۷ ساعت مشاهده شد. گزینش پذیری و کارایی انتقال متیلن بلو از محلول حاوی رنگ آنیونی متیل اورانژ و رنگ کاتیونی متیلن بلو بررسی شد. پارامترهای اصلی موثر روی انتقال متیلن بلو از قبیل pH و غلظت رنگ در فاز منبع، غلظت لیگاند و سور فکتانت در فاز غشاء، نوع حلال آلی، ماهیت و غلظت فاز گیرنده، دور همزن و زمان انتقال برای بهینه سازی مقدار عبور متیلن بلو و پارامترهای سینتیکی انتقال k_1, k_2, J_s^{\max} و J_r^{\max} معین شدند. همچنین سیستم غشایی فوق در انتقال متیلن بلو از پساب حقیقی موفق بود.

کلمات کلیدی: غشاء مایع توده ای، سیانکس ۳۰۱، انتقال متیلن بلو.

فصل اول: روش های جداسازی و فرآیندهای غشایی و معرفی انواع غشاءها

۱-۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- تعریف غشاء	۴
۳-۱- تاریخچه استفاده از غشاء	۴
۴-۱- فرآیندهای غشایی	۵
۵-۱- نیروی محرکه فرآیندهای غشایی	۶
۶-۱- مزایای فرآیندهای غشایی	۸
۷-۱- جنس غشاء	۱۰
۸-۱- غشاءهای مایع	۱۱
۸-۱-۱- انواع غشاءهای مایع	۱۲
۸-۱-۱-۱- غشاء مایع توده ای (BLM)	۱۳
۸-۱-۱-۲- غشاء مایع حمایت شده (SLM)	۱۴
۸-۱-۱-۳- غشاء مایع امولسیون (ELM)	۱۵
۸-۱-۲- مکانیسم های انتقال جرم در غشاء مایع	۱۷
۸-۱-۲-۱- انتقال غیر فعال	۱۸
۸-۱-۲-۲- انتقال تسهیل یافته ساده	۱۹
۸-۱-۲-۳- انتقال تسهیل یافته ساده با استفاده از حامل	۲۰
۸-۱-۲-۴- انتقال جفت شده هم جهت	۲۰
۸-۱-۲-۵- انتقال جفت شده متقابل	۲۲
۸-۱-۳- مدل سینتیکی فرایند انتقال از غشاء مایع توده ای	۲۳

فصل دوم: معرفی متیلن بلو و ارگانوفسفرها، مطالعه کاربردهای عملی و تحقیقاتی غشاءهای

مایع

۱-۲- مقدمه	۲۷
۲-۲- رنگ های آلی	۲۹
۳-۲- رنگ های کاتیونی	۲۹
۱-۳-۲- متیلن بلو	۳۰
۱-۳-۲-۱- کاربرد در زیست شناسی	۳۱
۱-۳-۲-۲- کاربرد در داروسازی	۳۱
۱-۳-۲-۳- کاربرد در صنعت	۳۲

۳۲	..... ۴-۱-۳-۲-سمیت متیلن بلو
۳۲	..... ۴-۲-دسته بندی و نامگذاری تر کیبات سیانکس
۳۳	..... ۱-۴-۲-استخراج کننده های استخراج حلال
۳۳	..... ۲-۴-۲-استخراج کننده های کی لیتی
۳۴	..... ۱-۲-۴-۲-معرفی سیانکس ۳۰۱
۳۴	..... ۲-۲-۴-۲-ساختار و خصوصیات شیمیایی سیانکس ۳۰۱
۳۵	..... ۳-۲-۴-۲-تجمع خودی استخراج کننده ها
۳۶	..... ۵-۲-کاربردهای غشاء های مایع
۳۶	..... ۱-۵-۲-کاربردهای غشاء مایع توده ای (BLM)
۳۷	..... ۲-۵-۲-کاربردهای غشاء مایع حمایت شده (SLM)
۳۷	..... ۱-۲-۵-۲-جداسازی و بازیابی فلزات
۳۸	..... ۲-۲-۵-۲-جداسازی گازها
۳۸	..... ۳-۲-۵-۲-جداسازی مواد بیولوژیکی
۳۸	..... ۴-۲-۵-۲-حذف آلودگی ها
۳۹	..... ۳-۵-۲-برخی از کاربردهای غشاء مایع امولسیون (ELM)
۳۹	..... ۱-۳-۵-۲-استخراج یون های فلزی
۳۹	..... ۲-۳-۵-۲-کاربردهای بیوپزشکی
۴۰	..... ۳-۳-۵-۲-کاربردهای بیو شیمیایی
۴۰	..... ۴-۳-۵-۲-جداسازی مخلوط های گازی
۴۰	..... ۵-۳-۵-۲-غشاء مایع به عنوان راکتورهای شیمیایی
۴۱	..... ۶-۳-۵-۲-کاربردهای تجاری فرآیند ELM
۴۱	..... ۶-۲-استفاده از غشاء مایع توده ای (BLM) در زمینه انتقال یون های فلزی
۴۳	..... ۷-۲-مروری بر مطالعات در زمینه سینتیک انتقال یون فلزی از غشاء مایع توده ای
۴۶	..... ۸-۲-مروری بر روش های کلاسیک بی رنگ کردن پساب های کاتیونی
۴۹	..... ۹-۲-فرآیندهای غشایی، مکمل و جایگزین روش های کلاسیک جداسازی رنگ پساب
۵۰	..... ۱۰-۲-مروری بر استفاده از غشاء مایع برای انتقال رنگ از پساب های رنگی

فصل سوم : بخش تجربی

۵۴	..... ۱-۳-مقدمه
۵۶	..... ۲-۳-بخش تجربی
۵۶	..... ۱-۲-۳-مواد مصرفی

۳-۲-۲- دستگاه های موردنیاز	۵۶
۳-۳- مطالعه سینتیک وانتقال رنگ متیلن بلو از طریق غشاء مایع توده‌ای	۵۷
۳-۳-۱- مطالعه سینتیک ومیزان انتقال رنگ متیلن بلو به کمک سیانکس ۳۰۱ به عنوان حامل در حضور سور فکتانت Triton-X-114 به وسیله غشاء مایع	۵۷
۳-۳-۱-۱- تهیه محلول ها	۵۷
۳-۳-۲-۱- شرح آزمایش	۵۸
۳-۳-۳-۱- بهینه‌سازی پارامترهای انتقال:	۶۰
۳-۳-۱-۱- اثر pH فاز منبع بر میزان انتقال	۶۰
۳-۳-۱-۲- اثر pH فاز منبع بر پارامترهای سینتیکی	۶۲
۳-۳-۱-۳- بهترین غلظت رنگ متیلن بلو در انتقال	۶۴
۳-۳-۱-۴- بهترین غلظت رنگ متیلن بلو در پارامتر های سینتیکی	۶۵
۳-۳-۱-۵- اثر غلظت سیانکس ۳۰۱ در فاز غشاء بر میزان انتقال	۶۷
۳-۳-۱-۶- اثر غلظت سیانکس ۳۰۱ در فاز غشاء بر پارامتر های سینتیکی	۶۸
۳-۳-۱-۷- اثر غلظت سورفکتانت در فاز غشاء برمیزان انتقال	۷۰
۳-۳-۱-۸- اثر غلظت سورفکتانت در فاز غشاء بر پارامتر های سینتیکی	۷۲
۳-۳-۱-۹- اثر نوع حلال در فاز غشاء برمیزان انتقال	۷۴
۳-۳-۱-۱۰- اثر نوع حلال در فاز غشاء بر پارامترهای سینتیکی	۷۵
۳-۳-۱-۱۱- اثر ماهیت و غلظت فاز گیرنده بر میزان انتقال	۷۸
۳-۳-۱-۱۲- اثر ماهیت و غلظت فاز گیرنده بر پارامترهای سینتیکی	۸۲
۳-۳-۱-۱۳- اثر سرعت هم زدن بر میزان انتقال	۸۵
۳-۳-۱-۱۴- اثر سرعت هم زدن بر پارامترهای سینتیکی	۸۷
۳-۳-۱-۱۵- بررسی اثر زمان بر میزان انتقال و پارامترهای سینتیکی	۸۹
۳-۳-۲- منحنی های کالیبراسیون	۹۱
۳-۳-۳- بررسی گزینش پذیری غشاء مایع توده ای	۹۳
۳-۳-۴- بررسی عملکرد غشاء مایع توده ای در مورد نمونه های حقیقی	۹۵
۳-۴- بحث	۹۷
۳-۴-۱- تحلیل ساختار سیانکس ۳۰۱	۹۷
۳-۴-۲- مکانیسم انتقال پیشنهاد شده	۹۸
۳-۴-۳- نتیجه گیری	۱۰۰
منابع	۱۰۲

۱-۱- مقدمه

جداسازی و اهمیت آن در صنایع

برای انجام فرآیندهای صنعتی، اغلب می‌بایست اجزای ماده‌ی خام اولیه را از یکدیگر جدا نموده و از هر یک به شکل مطلوب استفاده نمود. به عنوان مثال؛ نفت خام حاوی هیدروکربن‌های گوناگون می‌باشد. هر چند که این ماده حیاتی به این صورت قابل استفاده نیست، ولی در صورت تفکیک، محصول‌های قابل استفاده مهمی چون نفت سفید و بنزین به دست می‌آیند. محصول حاصل از فرآیندهای مختلف نیز نیازمند تفکیک و تخلیص است. در صورت عدم جداسازی مواد اضافی از محصول، کیفیت محصول کاهش خواهد یافت. به عنوان مثال؛ در بسیاری از صنایع، آب و هوای مصرف شده در تولید، آلوده می‌شوند که در صورت بازگرداندن آن‌ها به محیط زیست، ممکن است به تدریج مشکلات غیرقابل حلی به وجود آید [۱].

روش‌های مختلف جداسازی

روش‌های مناسب جداسازی برای نیازهای گوناگون صنایع و به ویژه در جهت جلوگیری از آلودگی محیط زیست اهمیت زیادی دارد. در اغلب موارد، ماده جداشونده به همراه سیالی بوده و با آن تشکیل یک فاز می‌دهد.

اصولاً روش‌های جداسازی را می‌توان در سه گروه تقسیم بندی نمود:

۱. جداسازی توسط انتقال جرم بین فازها
۲. جداسازی توسط واکنش شیمیایی
۳. جداسازی توسط انتقال جرم در درون یک فاز

در حالت دوم که شاخص آن‌ها مصرف زیاد مواد شیمیایی است از انرژی، کمتر استفاده می‌شود اما به جای آن بیشتر از مواد شیمیایی استفاده می‌شود و استفاده از این گونه مواد باعث ورود آن‌ها در چرخه‌های زیستی دنیا شده و اثرات نامطلوب و مشکلات زیادی را برای انسان‌ها و گیاهان و جانوران به وجود می‌آورند. بنابراین این گونه فرآیندها چندان قابل قبول نمی‌باشند.

با توجه به معایب روش‌های جداسازی دسته‌های اول و دوم، در سال‌های اخیر عملیات جداسازی توسط انتقال جرم در درون یک فاز مورد نظر قرار گرفته است که در این روش‌ها عملیات انتقال جرم در داخل فاز اولیه و با استفاده از یک مانع صورت می‌گیرد. اساس این روش‌ها اختلاف در شدت انتقال است چون انتقال اجزاء، در طول مانع با شدت‌های مختلفی صورت می‌گیرد.

فیلتراسیون^۱

یکی از مهم‌ترین روش‌های جداسازی بدون تغییر فاز، فیلتراسیون است که عبارتست از: جداسازی مواد از یک سیال به وسیله عبور دادن آن از یک جسم متخلخل، دارای الیاف یا دانه ای که جامد را روی سطح خود نگه می‌دارد و سیال را از خود عبور می‌دهد. در این روش، فرآیند جداسازی به وسیله‌ی فیلتر یا صافی و بر اساس اندازه‌ی مواد صورت می‌گیرد. به عنوان مثال: صافی‌های شنی طی سال‌های طولانی در تصفیه آب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. صافی‌های متفاوت صنعتی و خانگی ساخته شده از مواد گوناگون همچون فلز، پارچه و ... نشان دهنده به ثمر رسیدن این فکر در ادوار گوناگون می‌باشد.

¹ Filtration

برای جداسازی موادی با اندازه‌های بالاتر از یک میکرون، از فیلترهای معمولی (مثل فیلترهای شنی، پارچه‌ای و...) استفاده می‌شود اما برای جداسازی مواد ریزی مثل کلویدها، میکروارگانیسم‌ها، ماکرومولکول‌ها و یون‌ها (ذرات زیر یک میکرون) از صافی‌های مولکولی با حفره‌های بسیار ریز استفاده می‌شود که غشاء^۱ نام دارند.

درسال‌های اخیر روش‌های قدیمی جداسازی با فرایندهای غشایی تکمیل گردیده‌اند. در این فرایندها از غشاء نیمه تراوا به عنوان عامل اصلی جداسازی استفاده می‌شود [۱].

^۱Membrane

۱-۲- تعریف غشاء

در ابتدا به سه تعریف گوناگون غشاء، که از سه دیدگاه مختلف ارائه شده، می پردازیم:

۱) غشاء لایه نازکی است که می تواند اجزای یک سیال را به طور انتخابی از آن جدا کند. به عبارت دیگر غشاء وسیله ای است که جداسازی مواد را بر اساس اندازه های مولکولی آنها ممکن می سازد [۲].

۲) اگر غشاء بر مبنای کاری که انجام می دهد تعریف شود، می توان گفت که غشاء مواد را به صورت انتخابی از خود عبور می دهد [۳].

۳) در فرآیند غشائی معمولاً دو فاز وجود دارد که به طور فیزیکی به وسیله ی فاز سوم (غشاء) از یکدیگر جدا شده اند. غشاء انتقال جرم بین دو فاز را کنترل می کند [۴].

به طور خلاصه دو عمل اصلی که توسط غشاءها انجام می شود عبارتند از: نفوذپذیری^۱ یا تراوش و انتخاب گری^۲ یا گزینش پذیری.

۱-۳- تاریخچه استفاده از غشاء

بیش از صد سال است که از غشاءها به عنوان یک عامل جداسازی استفاده می شود [۵]. اما در حدود ۵۰ سال است که از غشاءها در مقیاس صنعتی استفاده می شود. استفاده از غشاءها به سال ۱۹۲۰ برمی گردد که از غشاءهای میکروفیلتراسیون^۳ در کارهای آزمایشگاهی باکتری شناسی استفاده می گردید. در طول جنگ جهانی دوم منابع آب آلمانها به علت بمباران هوایی ویران می گردید. نیاز مبرم به بررسی مداوم قابلیت شرب آبها و طولانی بودن روشهای باکتری شناسی که گاه تا ۹۶ ساعت به طول می انجامید باعث شد تا مولر^۴ و

¹ Permeability

² Selectivity

³ Microfiltration

⁴ Muller

همکارانش به ابداع روش جدیدی برای شناسایی باکتری‌ها پردازند. در این روش نمونه آب از غشاء عبور داده می‌شد و باکتری‌ها در سطح غشاء باقی می‌ماندند و با اضافه نمودن مواد غذایی در سطح غشاء بعد از ۱۲ تا ۲۴ ساعت تشخیص داده می‌شدند [۶]. در دهه ۱۹۴۰ از فلوئورکربن‌های خلل و فرج‌دار برای جداسازی $^{235}\text{UF}_6$ از $^{238}\text{UF}_6$ استفاده شد [۷]. در سال ۱۹۶۲، اولین غشاءهای نامتقارن اسمز معکوس^۱ از جنس سلولز استات برای نمک زدایی از آب دریا و قابل آشامیدن کردن آن ساخته شد [۸]. در دهه ۱۹۷۰ با به کارگیری غشاءهای الترافیلتراسیون^۲ در صنایع لبنی به منظور تغلیظ پروتئین موجود در آب پنیر، این فرآیند توسعه سریعی پیدا نمود. در سال ۱۹۷۹ شرکت مونسانتو^۳ فیبرهای پلی‌سولفون را برای جداسازی گاز هیدروژن از گازهای زدوده شده از واحد آمونیاک تهیه کرد و به بازار عرضه نمود [۹]. در دهه ۱۹۸۰ از غشاءهای مایع برای جداسازی فلزات و ترکیبات آلی از فاضلاب استفاده شد.

۴-۱- فرآیندهای غشائی

در سال‌های اخیر روش‌های قدیمی جداسازی با فرآیندهای غشائی تکمیل شده است. در این فرآیندها از غشاء نیمه تراوا به عنوان عامل اصلی جداسازی استفاده می‌شود. فرآیندهایی که بر اساس انواع غشاها پی‌ریزی شده‌اند، قادر به جدا کردن مواد با اندازه‌های متفاوت از سیال هستند. میکروفیلتراسیون (MF) برای جداسازی ذرات بسیار کوچک، الترافیلتراسیون (UF) برای جداسازی ماکرومولکول‌ها، نانوفیلتراسیون^۴ (NF) برای جداسازی مولکول‌ها و اسمز معکوس (RO) برای جداسازی یون‌ها به کار گرفته می‌شوند [۱۰].

¹ Reverse Osmosis

² Ultrafiltration

³ Monsanto Chemical Company

⁴ Nanofiltration

ذرات درشت^۱ مانند گلبول‌های قرمز و پاره‌ای از باکتری‌ها که با چشم غیر مسلح یا میکروسکوپ نوری قابل دیدن هستند و اندازه آن‌ها بیش از چند میکرون و تا حدود میلی متر است، به وسیله فیلتراسیون معمولی قابل جداسازی می‌باشند.

ذرات ریز^۲ مانند باکتری‌ها، کلونیدها و رنگ دانه‌ها که با میکروسکوپ نوری یا میکروسکوپ الکترونیکی قابل مشاهده می‌باشند و اندازه آن‌ها در حدود ۰/۱ تا یک میکرون است، به وسیله میکرو فیلتراسیون قابل جداسازی هستند. برای جداسازی ویروس، پروتئین و سایر ماکرومولکول‌ها با اندازه حدود ۰/۰۱ تا ۰/۱ میکرون می‌توان از الترافیلتراسیون استفاده نمود. برای جداسازی مولکول‌هایی مانند گلوکز با ابزارهای کمتر از ۰/۰۱ میکرون و تا حدود ۰/۰۰۱ میکرون (یک نانومتر) می‌توان از فرآیند نانوفیلتراسیون بهره جست. ذرات بسیار کوچک (کمتر از یک نانومتر یا در حدود چند آنگستروم) مانند نمک محلول در آب یا یون‌های فلزی توسط فرآیند اسمز معکوس قابل جداسازی می‌باشند.

۱-۵- نیروی محرکه فرآیندهای غشائی

عامل اساسی جداسازی در فرآیندهای غشائی، تفاوت شدت انتقال اجزاء، در طول غشاء است. انتقال اجزاء در اثر حرکت آن‌ها حاصل می‌شود و حرکت هر جزء از یک طرف غشاء به طرف دیگر آن به علت وجود یک یا چند نیروی محرکه صورت می‌گیرد. نیروی محرکه نتیجه تفاوت پتانسیل شیمیایی یا الکتریکی بین دو فاز است که به وسیله غشاء از یکدیگر جدا شده‌اند. گرادیان پتانسیل شیمیایی ممکن است به علت تفاوت غلظت (فعالیت)، تفاوت فشار یا هر دو نتیجه شود. از تفاوت دما نیز گاهی به عنوان نیروی محرکه استفاده می‌شود.

¹ Macro particle

² Micro particle

در صورتی که اجزای مختلف، دارای نفوذ پذیری های متفاوتی، در طول غشاء باشند، اختلاف فشار بین فاز های موجود در دو طرف غشاء، باعث ایجاد شار حجمی گشته و اجزاء از هم جدا می شوند. همچنین زما نی که ضریب نفوذ و غلظت اجزاء مختلف، تفاوت داشته باشد، اختلاف غلظت بین دو فاز که در طرفین غشاء قرار دارند، می تواند سبب انتقال مواد و جداسازی اجزاء از یکدیگر شود.

اختلاف پتانسیل الکتریکی بین فازها هم می تواند باعث حرکت مواد گردد. وقتی اجزاء مختلف دارای بارهای متفاوت باشند، تحرک یکسانی نداشته و در نتیجه از هم جدا می شوند. همچنین اختلاف دما در دو فاز موجود در طرفین غشاء، باعث می شود که اجزاء فرآتر در طرف گرم تر بخار شده و به طرف دیگر غشاء منتقل گردند.

بنابراین انتقال، یک فرآیند غیرتعدالی است و می تواند به وسیله معادله ای که جریان ها را با نیروی محرکه مرتبط می سازد، توصیف شود. قانون فیک^۱ رابطه بین جریان ماده و تفاوت غلظت را نشان می دهد. ضریب تناسب، به عنوان ضریب نفوذ بیان می شود. قانون اهم^۲ رابطه بین جریان الکتریسیته و تفاوت پتانسیل الکتریکی را بیان می دارد و ضریب تناسب مقاومت الکتریکی است. قانون فوریه^۳ رابطه بین انتقال گرما و تفاوت دما را نشان می دهد که ضریب تناسب، هدایت گرمایی است. قانون هاگن^۴ - پویزله رابطه بین جریان حجمی و تفاوت فشار را بیان می نماید که ضریب تناسب، نفوذپذیری است [۱۱]. قوانین و روابط اشاره شده در جدول (۱-۱) دیده می شوند:

^۱ Fick's law

^۲ Ohm's law

^۳ Fourier's law

^۴ Hagen-poiseuille's law

جدول (۱-۱): روابط بین شارهای گوناگون و نیروهای محرکه [۱۱]

قوانین	شار	نیرو محرکه	ثابت تناسب
قانون فیک $J = -D \frac{\Delta c}{\Delta x}$	جرم (J)	اختلاف غلظت (Δc)	ضریب نفوذ (D)
قانون اهم $I = \frac{\Delta V}{R}$	الکتریسیته (I)	اختلاف پتانسیل الکتریکی (ΔV)	مقاومت الکتریکی (R)
قانون فوریه $Q = -k \frac{\Delta T}{\Delta x}$	گرما (Q)	اختلاف دما (ΔT)	هدایت گرمایی (k)
قانون هاگن-پویزله $Q = h_d \frac{\Delta P}{A}$	حجم (J_v)	اختلاف فشار (ΔP)	نفوذ پذیری هیدرودینامیکی (h_d)

۱-۶- مزایای فرآیندهای غشائی

فرآیندهایی که با استفاده از غشاء انجام می شوند، دارای مزایای زیر می باشند [۱۲]:

- با توجه به عدم نیاز به ایجاد تغییر فاز برای انجام عمل جداسازی در فرآیندهای غشائی، در مصرف انرژی صرفه جویی می شود.

- محفظه‌هایی که غشاءها در داخل آن قرار می‌گیرند (مدول‌های غشائی^۱) دارای حجم بسیار کمی می‌باشند. بنابراین، نیازی به استفاده از فضای زیاد برای انجام عملیات جداسازی وجود ندارد.
- غشاءها و مدول‌های غشائی را می‌توان به اشکال و اندازه‌های مختلف ساخت. پس این قابلیت وجود دارد که با توجه به نیاز سیستم، شکل هندسی غشاء و مدول و اندازه آن-ها را تغییر داد .
- ضخامت غشاء بسیار کم است(در حد میکرون) لذا انتقال جرم در طول آن با سرعت انجام می‌شود و به این دلیل فرآیندهای غشائی، از دیگر فرآیندهای جداسازی سریع‌ترند.
- جداسازی توسط غشاءها غالباً با راندمان بالاتری نسبت به سایر روش‌ها انجام می‌شود.
- فرآیندهای غشائی در دمای معمولی انجام می‌شوند پس می‌توان از آن‌ها در مورد محلول‌های حساس به گرما بخصوص در صنایع غذایی، دارویی و بیوتکنولوژی بهداشتی استفاده نمود .
- بسیاری از جداسازی‌ها که توسط غشاءها انجام می‌شوند با هیچ یک از دیگر روش‌ها قابل دستیابی نیست مثل دیالیز خون.
- اگر در یک فرآیند غشائی نیاز به یک ماده کمکی یا حلال داشته باشیم، میزان آن در حد بسیار کم و قابل مقایسه با دیگر فرآیندها نیست .
- معمولاً استفاده از فرآیندهای غیرغشائی در جداکردن ذرات از محلول‌های بسیار رقیق (مثلاً محصولات بیوتکنولوژی) کارساز نیست در حالی که این کار توسط فرآیندهای غشائی به آسانی انجام می‌شود.

¹ Module

- در بسیاری از فرآیندهای جداسازی کلاسیک، نیاز به اضافه نمودن ماده افزودنی^۱ وجود دارد. این ماده که به طور معمول از ترکیب‌های آلی می‌باشد، مشکلاتی را به وجود می‌آورد. در بسیاری از فرآیندهای غشائی این نیاز وجود ندارد.
- فرآیندهای غشائی را می‌توان با توجه به کاربرد مورد نیاز برای یک جداسازی ویژه طراحی کرد.
- در مورد فرآیندهای غشائی پس از انجام آزمایشات مقدماتی و ساخت واحد راهنما^۲ در مقیاس کوچک ساخت سیستم صنعتی^۳ به آسانی انجام می‌شود.
- فرآیند غشائی را می‌توان با سایر روش‌های جداسازی ترکیب نمود و فرآیندهای ترکیبی^۴ را بوجود آورد که باعث افزایش کارایی سیستم می‌شوند.
- در مقیاس جهانی هزینه سرمایه گذاری به منظور تأسیس واحدهایی که با استفاده از غشاء، جداسازی را انجام می‌دهند نسبت به بسیاری از دیگر روش‌ها کمتر است.

۷-۱- جنس غشاء

انتخاب جنس غشاء اولین مسأله در طراحی هر فرآیند غشائی است. چگونگی کار غشاء توسط خواص فیزیکی و شیمیایی آن مشخص می‌شود. خواص فیزیکی شامل اندازه و شکل حفره‌های موجود در غشاء و نوع آن‌ها می‌باشد. خواص شیمیایی غشاء عبارتند از بار سطحی آن، توانایی جذب اجسام دیگر و امکان انجام واکنش با سایر مواد. آب‌گریزی و یا آب‌دوستی غشاء، حاصل خواص فیزیکی و شیمیایی آن است. عملکرد غشاء، تابعی از خواص غشاء است و

¹ Additive

² Pilot plant

³ Scale up

⁴ Hybrid processes

خواص غشاء، تابع عواملی مثل جنس غشاء، روش ساخت و اصلاحاتی^۱ که پس از ساخت غشاء روی آن صورت می‌گیرد.

غشاءها را می‌توان از مواد مختلف آلی و معدنی ساخت که بر این اساس غشاءها در چهار گروه دسته بندی می‌شوند [۱۳].

(۱) غشاءهای پلیمری

(۲) غشاءهای سرامیکی (معدنی)

(۳) غشاءهای فلزی

(۴) غشاءهای مایع

۸-۱- غشاء های مایع

علاقه به پیشرفت و اصلاح تکنیک ها برای جداسازی یون ها و مولکول ها در سال های اخیر باعث شده تا توجه بیشتر به روش های انتقال از غشاء های مایع شود.

غشاء مایع، یک مایع یا شبه مایع^۲ است که دو فاز مایع دیگر را که در غشاء غیرقابل اختلاط هستند، از هم جدا می‌کند. یک غشاء یا شامل یک فاز مایع هیدروفوب مثل کلروفرم است که دو فاز را از هم جدا می‌کند و یا یک فاز آبی است که دو فاز مایع هیدروفوب را از هم جدا می‌کند که مورد دوم کمتر کاربرد دارد.

اگر گونه های شیمیایی تا حدودی در غشاء قابل حل باشند، از یک فاز به داخل غشاء و فاز دیگر می‌روند و به این صورت انتقال پیدا می‌کنند. این انتقال می‌تواند به صورت انتقال ساده^۳ یا انتقال تسهیل شده با حامل^۱ انجام گیرد. که گونه ها اغلب به طور انتخابی به وسیله

¹ Modification

² Quasi Liquid

³ Passive transport