

صلاة الاضلاع



دانشگاه سبزگان

دانشکده علوم - گروه شیمی

پایان نامه جهت دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد شیمی

در گرایش تجزیه (MSc)

استخراج یون‌های مس (II) از محیط آمونیاکی به وسیله غشای مایع امولسیون‌ی با استفاده از یک حامل بازشیف

الهام حاجی لو

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا یافتیان

استاد مشاور:

دکتر امیر مهدی فتحی

مهر ۱۳۹۱

چکیده

فرآیندهای غشایی برای جداسازی عنصرهای شیمیایی بسیار مهم بوده و در حال تبدیل شدن به یک روش جایگزین برای فرآیندهای معمول جداسازی هستند. غشای مایع به صورت بالقوه، روش قدرتمندی را فراهم آورده که عملکرد جداسازی‌های مختلف را تحت تاثیر قرار داده است. غشای مایع امولسیون‌دارای مزیت‌هایی نسبت به دیگر روش‌های غشای مایع است که به عنوان مثال می‌توان به عملکرد ساده، راندمان بالا، وقوع استخراج و دفع در یک مرحله و نسبت سطح به حجم بالا اشاره کرد. روش غشای مایع امولسیون‌پتانسیل بالایی برای بازیابی و حذف یون‌های فلزی مختلف دارد، جایی که روش‌های معمول راندمان پایین‌تری را رقم می‌زنند.

در بخش اول از کار حاضر استخراج یون‌های مس (II) از محیط آمونیاکی به روش غشای مایع امولسیون‌دار با استفاده از یک حامل بازشیف مورد مطالعه قرار گرفت. تاثیر عامل‌های مختلف بر میزان استخراج از جمله: سرعت امولسیون کردن، غلظت سورفکتانت، سرعت هم‌زدن، غلظت لیگاند، نوع و غلظت فاز داخلی، نسبت حجمی فاز امولسیون به فاز دهنده و نسبت حجمی فاز روغنی غشا به فاز داخلی بررسی و بهینه شد. در ادامه این کار به منظور اطمینان از انتقال یون‌های مس (II) به فاز داخلی از روش انجماد و سانتریفیوژ کردن برای شکستن امولسیون‌ها استفاده شد.

در بخش دوم در شرایطی که تمامی متغیرهای مهم بر جداسازی یون‌های مس (II) به روش غشای مایع امولسیون‌دار مقدار بهینه خود بودند، نتیجه‌های به دست آمده از آزمایشگاه با سه مدل اساسی که برای بیان چگونگی انتقال جرم در غشای مایع امولسیون‌دارایه شده است، مقایسه شد. نتیجه این بررسی نشان داد که مدل انتقال جرم تحت کنترل هم‌زمان نفوذ و واکنش شیمیایی بیش‌ترین تطابق را با نتیجه‌های تجربی دارد.

واژه‌های کلیدی: غشای مایع امولسیون‌دار، بازشیف، مدل انتقال جرم، یون مس (II)

۱	فصل ۱ مقدمه و تئوری
۲	۱-۱. شیمی مس، ویژگی‌ها و کاربردهای آن.....
۴	۲-۱. برخی روش‌های اندازه‌گیری مس.....
۵	۳-۱. انتقال از درون غشای مایع.....
۶	۱-۳-۱. اساس جداسازی توسط غشای مایع.....
۷	۲-۳-۱. مقایسه‌ی روش انتقال از درون غشای مایع با روش استخراج مایع-مایع.....
۷	۳-۳-۱. سازوکار انتقال.....
۷	۱-۳-۳-۱. سازوکار انتقال ساده.....
۸	۲-۳-۳-۱. انتقال تسهیل‌شده‌ی ساده.....
۹	۳-۳-۳-۱. انتقال تسهیل‌شده با استفاده از حامل.....
۱۰	۴-۳-۳-۱. انتقال جفت‌شده در جریان مخالف.....
۱۱	۴-۳-۱. فن‌آوری‌های جداسازی توسط غشای مایع.....
۱۱	۱-۴-۳-۱. انتقال از درون غشای مایع توده‌ای (BLM).....
۱۳	۲-۴-۳-۱. غشاهای مایع نگه‌داشته‌شده (SLM).....
۱۴	۳-۴-۳-۱. انتقال از درون فیلم مایع (LFP).....
۱۵	۴-۴-۳-۱. انتقال از درون غشای مایع امولسیون (ELM).....
۱۶	۴-۱. معرفی غشای مایع امولسیونی.....
۱۱	۱-۴-۱. ترکیب غشای مایع امولسیونی.....
۱۹	۱-۴-۱-۱. رقیق‌کننده.....

- ۲۱-۴-۱-۲. ماده فعال سطحی (سورفکتانت)..... ۲۱
- ۲۳-۴-۱-۳. حامل..... ۲۳
- ۲۶-۴-۱-۲. روش‌های شکستن امولسیون‌ها..... ۲۶
- ۲۷-۴-۱-۳. عوامل تاثیرگذار بر فرآیند غشای مایع امولسیون..... ۲۷
- ۲۸-۴-۱-۴. کاربردهای غشای مایع امولسیون..... ۲۸
- ۲۹-۴-۱-۵. مدل‌سازی استخراج با غشای مایع امولسیون..... ۲۹
- ۳۰-۴-۱-۵-۱. مدل جبهه پیش‌رونده..... ۳۰
- ۳۲-۴-۱-۵-۲. معادله‌های ریاضی مدل جبهه‌ی پیش‌رونده..... ۳۲
- ۳۶-۴-۱-۵-۲. مدل انتقال جرم تحت کنترل نفوذ..... ۳۶
- ۳۸-۴-۱-۵-۴. معادله‌های ریاضی مدل انتقال جرم تحت کنترل نفوذ..... ۳۸
- ۴۲-۴-۱-۵-۵. مدل انتقال جرم تحت کنترل هم‌زمان نفوذ و واکنش شیمیایی..... ۴۲
- ۴۹-۵-۱. معرفی کار حاضر..... ۴۹

فصل ۲ بخش تجربی

- ۵۱
- ۵۲-۱-۲. مواد و دستگاه‌های مورد استفاده در آزمایش‌های استخراج غشای مایع امولسیون..... ۵۲
- ۵۳-۲-۲. روش انجام آزمایش‌های استخراج..... ۵۳
- ۵۴-۲-۳. روش تهیه بافرها..... ۵۴
- ۵۵-۲-۴. مواد و دستگاه‌های مورد استفاده در بررسی مدل ریاضی مربوط به انتقال جرم..... ۵۵
- ۵۵-۲-۵. محاسبه‌ی قطر متوسط ساتر گلبول‌ها..... ۵۵
- ۵۶-۲-۶. محاسبه‌ی ضریب توزیع..... ۵۶
- ۵۷-۲-۷. محاسبه‌ی نفوذ موثر..... ۵۷

۵۸ ۲-۸. محاسبه‌ی ثابت سرعت واکنش و ضریب انتقال جرم.....

۶۰ فصل ۳ نتایج و بحث

۶۱ ۳-۱. جداسازی یون‌های مس (II) با استفاده از غشای مایع امولسیوني.....

۶۱ ۳-۱-۱. مطالعه اثر سرعت امولسیون کردن بر کارآیی استخراج.....

۶۳ ۳-۱-۲. مطالعه اثر غلظت سورفکتانت در کارآیی استخراج.....

۶۵ ۳-۱-۳. مطالعه اثر pH فاز خارجی در کارآیی استخراج.....

۶۶ ۳-۱-۴. مطالعه اثر سرعت هم‌زدن در کارآیی استخراج.....

۶۸ ۳-۱-۵. مطالعه اثر غلظت حامل (لیگاند) در کارآیی استخراج (C_c).....

۷۰ ۳-۱-۶. مطالعه اثر نوع و غلظت فاز داخلی (C_i) در کارآیی استخراج.....

۷۳ ۳-۱-۷. مطالعه اثر نسبت مورد استفاده (TR) در کارآیی استخراج.....

۷۵ ۳-۱-۸. مطالعه اثر نسبت حجمی فاز غشا به فاز داخلی (O/A) در کارآیی استخراج.....

۷۷ ۳-۱-۹. مطالعه اثر آمونیاکی کردن فاز خارجی در کارآیی استخراج.....

۸۰ ۳-۱-۱۰. شکستن امولسیون‌ها.....

۸۰ ۳-۱-۱۱. مطالعه گزینش‌پذیری انتقال.....

۸۱ ۳-۲. مدل‌سازی غشای مایع امولسیوني.....

۸۱ ۳-۲-۱. محاسبه قطر متوسط ساتر (d₃₂).....

۸۲ ۳-۲-۲. محاسبه ضریب توزیع.....

۸۳ ۳-۲-۳. محاسبه ضریب نفوذ موثر.....

۸۴ ۳-۲-۴. محاسبه ضریب انتقال جرم k و ثابت سرعت واکنش k_f.....

۸۶ ۳-۳. نتیجه‌گیری.....

۳-۴. پیشنهادهای ۸۷

پیوست

فهرست شکل‌ها

- فصل ۱ مقدمه و تئوری ۱
- شکل ۱-۱. شمای کلی فرآیند انتقال مایع-مایع..... ۶
- شکل ۱-۲. انتقال ساده از درون یک غشای مایع..... ۸
- شکل ۱-۳. فرآیند انتقال تسهیل‌شده‌ی ساده..... ۹
- شکل ۱-۴. انتقال تسهیل‌شده با استفاده از حامل..... ۹
- شکل ۱-۵. انتقال جفت‌شده در جریان مخالف..... ۱۰
- شکل ۱-۶. سل‌های انتقال جرم (BLM) (a) سل به شکل لوله‌ی U شکل (پل شولمن) (b) سل با صفحه‌ی جداکننده‌ی عمودی (c) سل با دیواره‌ی استوانه‌ای (نوع بشردر بشر) (d) سل با استوانه‌ی داخلی چرخان..... ۱۲
- شکل ۱-۷. غشای مایع نگه‌داشته‌شده: (a) مایع غشایی منفذهای باز بستر را پر میکند (b) مایع غشایی از دو طرف توسط غشاهای جامد منفذدار نگه‌داشته میشود..... ۱۴
- شکل ۱-۸. انتقال از درون فیلم مایع..... ۱۴
- شکل ۱-۹. انتقال فیلم گردان..... ۱۵
- شکل ۱-۱۰. طرح شمایی یک سیستم استخراج غشای مایع امولسیون‌ی..... ۱۷
- شکل ۱-۱۱. ساختار یک گلبول غشای مایع امولسیون‌ی..... ۱۷
- شکل ۱-۱۲. ساختار کلی یک سورفکتانت..... ۲۲
- شکل ۱-۱۳. ساختار مولکولی سورفکتانت اسپن ۸۰..... ۲۳
- شکل ۱-۱۴. ساختار گروه آزومتین..... ۲۴
- شکل ۱-۱۵. ساختار عمومی بازهای شیف چهاردندانه..... ۲۴

- شکل ۱-۱۶. ساختار کمپلکس بیس (سالسیل آلدیمینو) مس (II)..... ۲۵
- شکل ۱-۱۷. ساختار عمومی یک سالن..... ۲۶
- شکل ۱-۱۸. شمای کلی مدل جبهه‌ی پیش‌رونده..... ۳۱
- شکل ۱-۱۹. نمودار شمایی مدل انتقال جرم تحت کنترل نفوذ..... ۳۷
- شکل ۱-۲۰. نمودار شمایی مدل انتقال جرم تحت کنترل همزمان نفوذ و واکنش شیمیایی..... ۴۳
- شکل ۱-۲۱. ساختار باز شیف..... ۵۰

فصل ۲ بخش تجربی ۵۱

- شکل ۲-۱. ظرف و پره‌ی هم‌زن مورد استفاده..... ۵۳
- شکل ۲-۲. گلبول‌های امولسیون برای به‌دست آوردن قطر ساتر..... ۵۶

فصل ۳ نتایج و بحث ۶۰

- شکل ۳-۱. بررسی اثر سرعت امولسیون کردن در کارآیی استخراج..... ۶۲
- شکل ۳-۲. بررسی اثر غلظت سورفکتانت در کارآیی استخراج..... ۶۴
- شکل ۳-۳. بررسی اثر pH فاز خارجی در کارآیی استخراج..... ۶۵
- شکل ۳-۴. بررسی اثر سرعت هم‌زدن در کارآیی استخراج..... ۶۷
- شکل ۳-۵. بررسی اثر غلظت حامل موجود در فاز غشا در کارآیی استخراج..... ۶۹
- شکل ۳-۶. بررسی اثر نیتریک‌اسید در کارآیی استخراج..... ۷۱
- شکل ۳-۷. بررسی اثر هیدروکلریک‌اسید در کارآیی استخراج..... ۷۲
- شکل ۳-۸. بررسی اثر نیتریک‌اسید و هیدروکلریک‌اسید به‌عنوان فاز داخلی در کارآیی استخراج..... ۷۳

- شکل ۳-۹. بررسی اثر نسبت مورد استفاده (TR) در کارآیی استخراج..... ۷۴
- شکل ۳-۱۰. بررسی اثر نسبت حجمی فاز غشا به فاز داخلی در کارآیی استخراج..... ۷۶
- شکل ۳-۱۱. بررسی اثر آمونیاکی کردن فاز خارجی در کارآیی استخراج..... ۷۸
- شکل ۳-۱۲. بررسی آزمایش ۲ آمونیاکی کردن در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر..... ۷۹
- شکل ۳-۱۳. تعداد پیکسل‌های معادل قطر بشر (۶۵ میلی‌متر)..... ۸۲
- شکل ۳-۱۴. نتیجه‌های حاصل از سه مدل ریاضی ارایه شده و مقایسه با نتیجه تجربی ۸۵

فهرست جداول

۱	فصل ۱ مقدمه و تئوری
۲	جدول ۱-۱. ویژگی‌های مس [۱].....
۲۰	جدول ۱-۲. مشخصه‌های فیزیکی برخی از رقیق‌کننده‌ها [۳۹ و ۴۰].....

فصل ۱

مقدمه و تئوری

۱-۱. شیمی مس، ویژگی‌ها و کاربردهای آن

مس یکی از عنصرهای جدول تناوبی است که علامت شیمیایی آن Cu، عدد اتمی آن ۲۹ و دارای وزن اتمی ۶۳/۵۴۶ گرم بر مول می‌باشد. این عنصر در سری عنصرهای واسطه، در گروه ۱۱، دوره ۴ و بلوک d قرار دارد. از نظر حالت فیزیکی جامد بوده و آرایش الکترونی آن به صورت $[Ar] 3d^{10}, 4s^1$ می‌باشد. برخی از ویژگی‌های مس در جدول ۱-۱ آورده شده است.

جدول ۱-۱. ویژگی‌های مس [۱].

۸/۹۶ g.cm ⁻³	دانسیتته
۸/۰۲ g.cm ⁻³	دانسیتته در حالت مایع
۱۰۸۴/۶۲ °C	دمای ذوب
۲۵۶۲ °C	دمای جوش
۱۳/۲۶ kJ.mol ⁻¹	گرمای نهان ذوب
۳۰۰/۴۰ kJ.mol ⁻¹	گرمای نهان تبخیر
۲۴/۴۴ J.mol ⁻¹ .K ⁻¹	ظرفیت گرمایی (در ۲۵ °C)

این فلز را یونانیان باستان با نام Cyprium می‌شناختند، چون مقدار بسیار زیادی از این فلز در قبرس^۱ استخراج می‌شده است. بعدها این کلمه به فرم ساده‌تر Cuprum درآمد و در نهایت انگلیسی شده و به لغت Copper تبدیل شد. ساختار بلوری آن از نوع مکعبی وجوه مرکز پر بوده و دارای حالت‌های اکسایش ۱ (کوپروس) و ۲ (کوپریک) می‌باشد. الکترونگاتیوی مس (بر مبنای مقیاس پائولینگ) ۱/۹ است. هم‌چنین انرژی‌های یونیزه شدن آن به ترتیب عبارتند از ۷۴۵/۵، ۱۹۵۷/۹ و ۳۵۵۵ کیلوژول بر مول، شعاع اتمی مسی ۱۳۵، شعاع کووالانسی ۱۳۸ و شعاع واندروالسی آن ۱۴۰ پیکومتر می‌باشد [۲].

آزوریت^۲، مالاکیت^۳، برنیت^۴، کالکوپیریت^۵ (CuFeS₂)، کولین^۶ (CuS)، کالکوزین

¹ Cyprus

² Azurite

³ Malachite

⁴ Bornite

⁵ Chalcopyrite

⁶ Covellite

(Cu₂S) و کوپریت^۱ (Cu₂O) کانی‌های اصلی حاوی مس هستند. علاوه بر این، مس به حالت فلزی نیز در برخی منطقه‌ها یافت می‌شود. این فلز به دلیل خاصیت هدایت الکتریکی و حرارتی بسیار بالای آن کاربرد فراوانی در صنایع الکترونیکی از قبیل آهنرباهای الکتریکی، موتورها (به-خصوص موتورهای الکترومغناطیسی)، کلیدها و تقویت کننده‌های الکتریکی، لامپ‌های خلا، لامپ‌های پرتو کاتدی و مگنترون‌های اجاق‌های مایکروویو هدایت کننده تابش مایکروویو دارد. در بخشی از تهیه لعاب سرامیکی و در رنگ‌آمیزی شیشه، وسایل موسیقی (به‌خصوص سازهای بادی)، به‌عنوان یک بیواستاتیک در بیمارستان‌ها و برای پوشاندن قسمت‌های مختلف کشتی نیز از مس استفاده می‌شود [۳ و ۴].

هم‌چنین سولفات مس به‌عنوان سم کود شیمیایی و تصفیه کننده آب نیز کاربرد دارد. وجود مس برای همه گیاهان و حیوانات ضروری می‌باشد. مس در آنزیم‌های متنوعی، از جمله سیتوکروم اکسیداز^۲ و آنزیم حاوی Cu-Zn به نام سوپراکسیددیسموتاز^۳ و هم‌چنین به‌صورت فلزی در رنگدانه حامل اکسیژن^۴ وجود دارد. مس نقش مهمی در سوخت‌وساز چربی و کربوهیدرات بازی می‌کند. این عنصر، علاوه بر این که اثرهای بیولوژیکی زیادی دارد سمی می‌باشد. به‌طور معمول مصرف روزانه ۲-۱/۵ میلی‌گرم مس ضروری است و در غلظت حدود ۴۰ نانوگرم بر میلی‌لیتر برای سوخت‌وساز نرمال بسیاری از موجودهای زنده لازم است. اما، مقادیرهای بیش‌تر مس سمی است و مسمومیت دهانی جدی آن، بر روی خون و کلیه‌ها اثر می‌گذارد [۵]. مس در کبد تجمع کرده و سبب اسهال، استفراغ، ترشح و بسته به غلظت آن، مرگ ناشی از خون‌ریزی می‌شود [۶]. هم‌چنین مقادیرهای زیاد آن می‌تواند به غشای سلول متصل شده و مانع از فرآیند انتقال از دیواره سلول گردد [۵] و نیز موجب تخریب سوخت‌وساز نیتروژن از طریق کاهش فعالیت نیترات‌ردوکتاز می‌شود [۷].

¹ Cuprite

² Cytochrome c oxidase

³ Superoxide dismutase

⁴ Hemocyanin

پسماندهای صنعتی و خانگی، پالایشگاه‌ها، شسته شدن معدن‌ها توسط آب و استفاده از ترکیب‌های مس در آفت‌کش‌ها سبب افزایش غلظت مس در آب و گیاه می‌شود [۷].

۲-۱. برخی روش‌های اندازه‌گیری مس

متداول‌ترین روش‌های اندازه‌گیری مس به‌طور کلی عبارت هستند از:

روش طیف‌سنجی جذب و نشر اتمی: اندازه‌گیری مس با روش طیف‌سنجی جذب

اتمی^۱، در شعله استیلن-هوا در طول موج ۳۲۴/۷ نانومتر و محدوده غلظتی ۲-۸ ppm انجام می‌شود [۸-۱۱].

روش وزن‌سنجی^۲: در این روش به کمک یک عامل رسوب‌دهنده مس را رسوب می‌دهند

و سپس رسوب حاصل را پس از خشک کردن توزین می‌نمایند. یک عامل رسوب‌دهنده برای مس (I)، آمونیوم تیوسیانات می‌باشد و رسوب حاصل تیوسیانات مس (CuSCN) است که پس از خشک کردن در دمای ۱۱۰-۱۲۰ درجه سانتی‌گراد توزین می‌شود [۱۲-۱۴].

روش الکترووزنی^۳: یکی از آسان‌ترین، قدیمی‌ترین و مهم‌ترین روش اندازه‌گیری مس،

روش الکترووزنی است. در رسوب دادن کمی یون مس احتیاجی به پتانسیل‌های خیلی منفی نیست به همین دلیل این روش، عاری از مزاحمت فلزهایی است که به‌طور معمول در اندازه‌گیری‌های الکترووزنی ایجاد مزاحمت می‌کنند. پتانسیل استاندارد یون مس (II) $+0.34$ است [۴].

¹ Atomic absorption spectroscopy

² Gravimetric analysis

³ Electrogravimetric analysis

روش‌های تیترسنجی^۱: روش‌های تیترسنجی دسته‌ی گسترده‌ای از روش‌های اندازه‌گیری هستند که شامل تیتراسیون‌های کمپلکسومتری، پتانسیومتری، کولومتری، آمپرومتری و اسپکترومتری می‌باشند. مهم‌ترین عامل کمپلکس‌کننده در روش‌های کمپلکس‌سنجی، EDTA است که در مورد مس نیز قابل کاربرد است، در روش‌های پتانسیومتری از الکترودهای یون-گزین مس استفاده می‌شود و در روش اسپکترومتری از محلول EDTA در pH حدود ۲/۴ به عنوان تیترکننده استفاده می‌شود و اندازه‌گیری در طول موج ۷۴۵ نانومتر انجام می‌شود که کمپلکس تشکیل شده در این طول موج ضریب جذب مولی بزرگ‌تری نسبت به محلول یون مس دارد [۱۹-۱۵].

سایر روش‌ها: روش‌های دیگری نیز برای اندازه‌گیری مس وجود دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به روش‌های ولتامتری، پتانسیومتری و کولومتری اشاره کرد. اساس روش‌های ولتامتری اندازه‌گیری جریان در یک سلول الکتروشیمیایی تحت شرایط قطبش غلظتی کامل است. این روش‌ها شامل انواع روش‌های پلاروگرافی، ولتامتری پویش خطی، ولتامتری چرخه‌ای و ولتامتری جریان‌سازی می‌باشند. روش‌های پتانسیومتری مبتنی بر اندازه‌گیری پتانسیل در شرایط جریان صفر و حداقل قطبش غلظتی است که می‌تواند به صورت تیتراسیون‌های پتانسیومتری و یا به صورت پتانسیومتری مستقیم توسط الکترودهای یون‌گزین انجام شود.

۳-۱. انتقال از درون غشای مایع

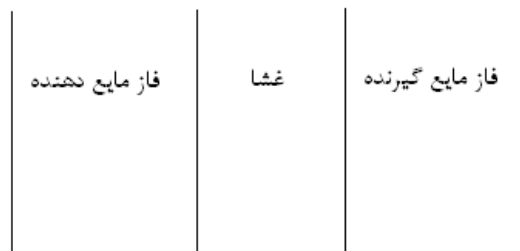
در تکنیک‌های انتقال بر خلاف روش استخراج، برای بازیابی فلز مورد نظر نیازی به انجام استخراج برگشتی نیست، بلکه استخراج و عاری‌سازی در این روش هم زمان انجام می‌گیرد. علاوه بر این، روش انتقال، به حلال و لیگاند کم‌تری نیاز دارد [۲۰].

^۱ Titrimetric analysis

روش انتقال از درون غشای مایع، روشی گسترده برای جداسازی یون‌های فلزی است. با توجه به کارآیی مناسب این فن‌آوری، گروه‌های تحقیقاتی بسیاری در جهان به مطالعه‌ی این تکنیک مشغول هستند. این روش تجزیه‌ای نام‌های گوناگونی مثل غشای مایع، انتقال توسط غشای مایع، استخراج با واسطه‌ی حامل، انتقال تسهیل‌شده و استخراج دو مرحله‌ای دارد. مناسب‌ترین نام برای این کار انتقال توسط غشای مایع می‌باشد که توسط اسپچلاسر و کوساکزی پیشنهاد شده است [۲۱].

۱-۳-۱. اساس جداسازی توسط غشای مایع

روش انتقال از درون غشای مایع براساس یک ایده‌ی ساده شکل گرفته است. دو مایع امتزاج‌پذیر با هم، یکی به نام فاز دهنده^۱ (F) و دیگری فاز پذیرنده^۲ (R)، به واسطه‌ی محلول سومی که غیرقابل امتزاج در هر دو این فازها می‌باشد، جدا می‌شوند. به محلول سوم که در سطح مشترک دو محلول قرار می‌گیرد، فاز غشایی گفته می‌شود. به جز تعداد معدودی به‌طور معمول از فاز آبی به‌عنوان فازهای دهنده و پذیرنده استفاده می‌شود (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱. شمای کلی فرآیند انتقال مایع-مایع.

با انتخاب شرایط مساعد ترمودینامیکی که در سطح تماس فاز دهنده، فاز گیرنده و فاز آلی ایجاد می‌شود، برخی از اجزا از فاز دهنده به فاز آلی استخراج و از آنجا به فاز گیرنده

^۱Feed Phase

^۲Receiving Phase

انتقال داده می‌شوند [۲۲].

۱-۳-۲. مقایسه‌ی روش انتقال از درون غشای مایع با روش استخراج مایع-مایع

جداسازی با غشای مایع، ترکیبی از دو فرآیند جداسازی شناخته شده‌ی استخراج حلالی و جریان‌سازی حلالی است که در زمان و مکان متفاوتی اتفاق می‌افتد [۲۳]. با ترکیب این فرآیندها، دو برتری قابل توجه و اساسی نسبت به استخراج مایع-مایع به دست می‌آید:

- ❖ جداسازی با غشای مایع بهترین شرایط را برای جداسازی گونه‌ها بدون نیاز به استخراج‌های چند مرحله‌ای و فرآیندهای جریان متقابل ایجاد می‌کند.
- ❖ از آنجایی که مایع آلی تنها به‌عنوان یک واسطه‌ی کوتاه مدت عمل می‌کند، توانایی استخراج آن از اهمیت ضروری برخوردار نیست. در نتیجه، گستره‌ی وسیعی از حلال‌های آلی بی‌ضرر و بی‌اثر، می‌توانند به‌عنوان یک مایع واسطه که تنها شامل مقدار کمی از ماده‌ی حامل است، مورد استفاده قرار گیرند. هم‌چنین استخراج‌کننده‌های جدید (حتی جامد) با گزینش‌پذیری بالا می‌توانند به‌عنوان حامل سنتز شوند.

۱-۳-۳. سازوکار انتقال

عامل محرکه برای انتقال یک جز در طول غشای مایع اختلاف پتانسیل شیمیایی آن جز در دو طرف غشا است. در بیش‌تر حالت‌ها این اختلاف پتانسیل شیمیایی را می‌توان به‌صورت اختلاف غلظت نشان داد. سازوکارهای انتقال در غشای مایع را می‌توان به‌صورت زیر دسته - بندی نمود، که هر سازوکار به‌طور جداگانه و خلاصه توضیح داده می‌شود.

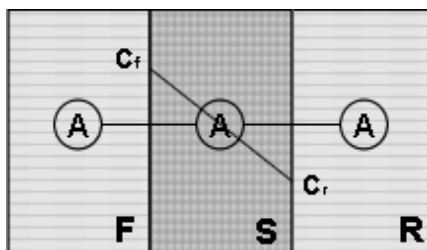
۱-۳-۳-۱. سازوکار انتقال ساده

این فرآیند شامل انحلال گونه‌ی مورد نظر در فاز دهنده (F)، نفوذ و عبور آن از غشا و

بازیابی گونه در فاز گیرنده (R) است. اگر از مقاومت‌های موجود در سطح دو فاز صرف نظر شود شدت انتقال جرم از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$j = k(C_F - C_R) \quad (1-1)$$

که در این رابطه، k ضریب انتقال جرم کلی است که به مقاومت‌های موجود در هر سه فاز بستگی دارد و C_F و C_R غلظت‌های جز منتقل‌شونده به ترتیب در فاز دهنده و گیرنده می‌باشند. فرآیند انتقال جرم، زمانی خاتمه می‌یابد که غلظت جز منتقل‌شونده در فاز دهنده (C_F) و فاز پذیرنده (C_R) یکسان شود. شکل ۱-۲ به طور ساده نشان دهنده‌ی این نوع انتقال می‌باشد.



شکل ۱-۲. انتقال ساده از درون یک غشای مایع.

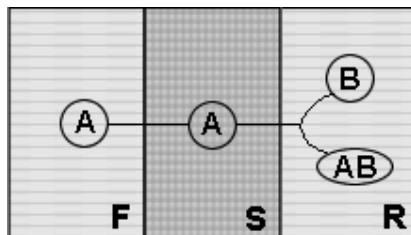
این روش که ساده‌ترین مدل برای انتقال است، کارایی بالایی ندارد. گزینش‌پذیری جداسازی در این مورد وابسته به تفاوت در سرعت انتقال گونه‌ها می‌باشد که تابع اختلاف میان توانایی انحلال نفوذکننده‌ها در غشای مایع و تا حدودی نیز تفاوت در ضریب انتشار آن‌ها در غشا می‌باشد.

۱-۳-۳-۲. انتقال تسهیل‌شده‌ی ساده^۱

یکی از راه‌های افزایش انتقال جرم، کاهش غلظت جز حل‌شونده در فاز پذیرنده است. در این حالت شدت انتقال جرم از طریق غشا با مشارکت یک معرف دفع در فاز داخلی افزایش می‌یابد که با ماده حل‌شده واکنش داده و یک محصول غیرقابل حل در غشا را ایجاد می‌کند.

^۱Simple Facilitated Transport

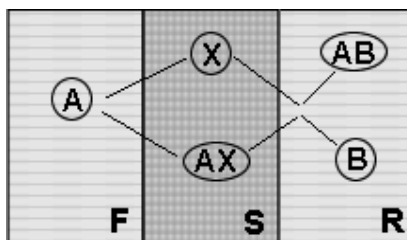
شکل ۱-۳ این سازوکار را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳. فرآیند انتقال تسهیل‌شده‌ی ساده.

۱-۳-۳-۳. انتقال تسهیل‌شده با استفاده از حامل^۱

در روش انتقال تسهیل‌شده با استفاده از حامل که به آن انتقال تسهیل‌شده‌ی نوع ۲ نیز گفته می‌شود، انتقال جز نفوذکننده با استفاده از حضور یک حامل در مایع غشا تسهیل می‌شود. این کار گزینش‌پذیری را به‌شدت افزایش می‌دهد زیرا حامل‌هایی وجود دارند که می‌توانند جز مورد نظر را انتخاب نموده و تنها آن را به‌صورت گزینشی انتقال دهند. شکل ۱-۴ سازوکار این فرآیند را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۴. انتقال تسهیل‌شده با استفاده از حامل.

در سطح مشترک فاز خارجی و غشا، حامل (که فقط قابل‌حل در فاز غشا است) با ماده حل‌شده، به‌وسیله یک واکنش برگشت‌پذیر، یک ترکیب قابل‌حل در غشا تشکیل می‌دهد. محصول واکنش در غشا نفوذ می‌کند تا به سطح مشترک غشا و فاز داخلی برسد، در سطح

^۱Simple Carrier Mediated Transport