

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده علوم پایه ، گروه شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش : شیمی تجزیه

عنوان :

اصلاح الیاف پلی آکریلونیتریل (PAN) توسط لیگاندهای کیلیت کننده به منظور پیش  
تغلیظ و اندازه گیری یون نئودیمیوم ( $Nd^{3+}$ ) از نمونه های محیط زیستی

استاد راهنما :

دکتر هایده باقری صادقی

استاد مشاور :

دکتر مجید عبدوس

پژوهشگر :

بهناز اسمعیل پور

تابستان ۱۳۹۰



**ISLAMIC AZAD UNIVERSITY**  
**Central Tehran Branch**  
**Faculty of Science-Department of Chemistry**

**"M.Sc" Thesis**

**On Analytical chemistry**

**Subject:**

**Modification of polyacrylonitrile fiber by chelating  
ligands for preconcentration and measurement of Nd<sup>3+</sup>  
from environmental samples**

**Advisor:**

**Dr.Hayedeh Bagheri Sadeghi**

**Consulting Advisor:**

**Dr.Majid Abdouss**

**By:**

**Behnaz Esmailpour**

Summer 2011

## تشکر و قدردانی:

با سپاس از خداوند متعال و پدر و مادر عزیزم و همچنین اساتید محترم سرکار خانم دکتر هایده باقری صادقی به خاطر همه حمایتها و راهنماییهای دلسوزانه شان و جناب آقای دکتر مجید عبدوس که در این پروژه زحمت مشاوره را به عهده داشتند و همچنین جناب آقای دکتر همایون احمد پناهی که در طول انجام این پروژه از هیچ کوششی دریغ ننمودند و همواره از کمک و مشاوره دلسوزانه ایشان بهره مند بودم.

## تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم دو همراه بی همتا و مقدس زندگی ام  
آنان که روشنگر راهم و گرمابخش وجودم بوده اند، از هیچ کوششی دریغ نورزیده اند و همواره امید،  
تلاش و صبر را به من آموخته اند

تقدیم به مادر دلسوزم که همواره پشتیبان و مشوق من در طول تحصیلم و همچنین تمام مراحل  
زندگی ام بوده و تمام زندگی ام را مدیون وجود باگذشت و پراز مهرش هستم.  
تقدیم به پدر بزرگوالم به خاطر مهربانی ها و حمایتهايش در تمام زندگی ام و همواره به وجود پر  
افتخارش می بالم.

## فهرست

- فصل اول- تاریخچه الیاف پلی آکریلو نیتریل (PAN)، روشهای تولید و اصلاح آنها..... ۱
- ۱-۱- مقدمه..... ۲
- ۲-۱- تبادل یون و جذب..... ۲
- ۳-۱- انواع مواد مبادله کننده یون..... ۴
- ۴-۱- تاریخچه و اهمیت الیاف مبادله کننده یون..... ۵
- ۵-۱- انواع الیاف مبادله کننده یون..... ۵
- ۶-۱- الیاف اکریلیک مبادله کننده یون و مزایای آن..... ۸
- ۷-۱- بررسی میانی نظری مکانیزم تبادل یون..... ۹
- ۸-۱- بررسی ثابت تعادل..... ۱۰
- ۹-۱- قابلیت انتخاب یون و معادلات مربوط به آن..... ۱۱
- ۱۰-۱- عوامل مؤثر در میزان جذب..... ۱۷
- ۱۰-۱-۱- اثر عوامل محیطی..... ۱۸
- ۱۰-۱-۲- تأثیر خصوصیات یون بر فرآیند جذب..... ۲۱
- ۱۰-۱-۳- تأثیر خصوصیات لیف بر فرآیند جذب..... ۲۲
- ۱۱-۱- خصوصیات الیاف اکریلیک اصلاح شده..... ۲۳
- ۱۱-۱-۱- ظرفیت الیاف مبادله کننده..... ۲۳
- ۱۱-۱-۲- پایداری فیزیکی- مکانیکی..... ۲۳
- ۱۱-۱-۳- پایداری حرارتی الیاف..... ۲۴
- ۱۲-۱- اهمیت و ضرورت تحقیق..... ۲۴
- ۱۳-۱- روشهای فیزیکی حذف یون..... ۲۵
- ۱۳-۱-۱- تبخیر..... ۲۵
- ۱۳-۱-۲- فیلتراسیون غشایی..... ۲۵
- ۱۳-۱-۳- الکترو دیالیز..... ۲۷
- ۱۴-۱- روشهای شیمیایی حذف یون..... ۲۷
- ۱۴-۱-۱- رسوبدهی شیمیایی..... ۲۷
- ۱۴-۱-۱-۱- ترسیب با هیدروکسید..... ۲۸
- ۱۴-۱-۱-۲- ترسیب با سولفید..... ۲۸
- ۱۴-۱-۱-۳- ترسیب با فرو..... ۲۹
- ۱۴-۱-۱-۴- ترسیب با گزانتات..... ۲۹

- ۱-۱۴-۵- ترسیب با بورو هیدرات سدیم..... ۲۹
- ۱-۱۴-۲- محدودیتها و معایب فرآیند ترسیب در حذف فلزات سنگین..... ۳۰
- ۱-۱۴-۳- احیاء شیمیایی..... ۳۰
- ۱-۱۴-۴- الکترولیز..... ۳۰
- ۱-۱۴-۵- تبادل یونی..... ۳۱
- ۱-۱۴-۶- جذب سطحی..... ۳۱
- ۱-۱۴-۱-۶- کربن فعال..... ۳۲
- ۱-۱۴-۲-۶- آلومینای فعال..... ۳۳
- ۱-۱۴-۳-۶- توریهای مولکولی..... ۳۴
- ۱-۱۴-۴-۶- سیلیکاژل..... ۳۴
- ۱-۱۴-۵-۶- جاذبهای طبیعی (جاذبهای کم ارزش)..... ۳۵
- ۱-۱۴-۶-۶- رزین ها..... ۳۵
- ۱-۱۴-۷-۶- معایب و مزایای رزین ها نسبت به کربن فعال..... ۳۶
- ۱-۱۵- مکانیسم جذب..... ۳۶
- ۱-۱۶- رزین های مبادله گر کیلیت کننده..... ۳۷
- ۱-۱۶-۱- خصوصیات رزین های مبادله گر یون کیلیت کننده..... ۳۸
- ۱-۱۷- الیاف مبادله گر کیلیت کننده..... ۴۰
- ۱-۱۷-۱- مزایای الیاف مبادله گر کیلیت کننده نسبت به رزینهای گرانولی..... ۴۰
- ۱-۱۸- روش ها و تکنیک ها تهیه الیاف مبادله گر یون کیلیت کنند..... ۴۳
- ۱-۱۹- مزایای استفاده از الیاف اکریلو نیتریل در تولید مبادله کننده های یون..... ۴۵
- ۱-۲۰- روش های تولید آکریلو نیتریل..... ۴۸
- ۱-۲۰-۱- دهیدراسیون آکریل آمید..... ۴۸
- ۱-۲۰-۲- واکنش اتیلن اکسید و هیدروژن سیانید..... ۴۸
- ۱-۲۰-۳- واکنش استیلن و هیدروژن سیانید..... ۴۸
- ۱-۲۰-۴- واکنش استالدهید و هیدروژن سیانید..... ۴۸
- ۱-۲۰-۵- روش های تولید آکریلونیتریل بر پایه پروپیلن..... ۴۸
- ۱-۲۰-۵-۱- فرایند دیستیلرز..... ۴۸
- ۱-۲۰-۵-۲- فرایند ساهیو..... ۴۸
- ۱-۲۰-۵-۳- فرآیند دوپونت..... ۴۹
- ۱-۲۱- اصلاح الیاف PAN به شیوه تغییر گروه عاملی در ساختار..... ۵۰
- ۱-۲۲- اصلاح الیاف PAN به شیوه تغییر در اندازه قطر الیاف..... ۵۵
- فصل دوم- تاریخچه لانتانیدها و عنصر نئودیمیوم و کاربردهای..... ۵۶

۵۷	۱-۲- لانتانیدها.....
۵۶	مقدمه.....
۵۸	۱-۱-۲- خواص لانتانیدها.....
۶۰	۲-۱-۲- سمیت لانتانیدها.....
۶۰	۳-۱-۲- کاربرد لانتانیدها.....
۶۱	۴-۱-۲- منابع و فراوانی لانتانیدها.....
۶۲	۵-۱-۲- روش های جداسازی لانتانیدها.....
۶۲	۱-۵-۱-۲- روش تبادل یون.....
۶۳	۲-۵-۱-۲- روش رسوبی.....
۶۳	۳-۵-۱-۲- روش های استخراجی.....
۶۴	۱-۳-۵-۱-۲- استخراج کننده های اسیدی.....
۶۴	۲-۳-۵-۱-۲- استخراج کننده های بازی.....
۶۴	۳-۳-۵-۱-۲- استخراج کننده های خنثی.....
۶۵	۴-۵-۱-۲- روش کریستالیزاسیون جزء به جزء.....
۶۵	۶-۱-۲- روش های اندازه گیری لانتانیدها.....
۶۶	۲-۲- نئودیمیوم.....
۶۶	۱-۲-۲- تاریخچه نئودیمیوم.....
۶۶	۲-۲-۲- خواص نئودیمیوم.....
۶۷	۱-۲-۲-۲- ترکیبات نئودیمیوم.....
۶۷	۲-۲-۲-۲- ایزوتوپهای نئودیمیوم.....
۶۸	۳-۲-۲- منابع پیدایش نئودیمیوم.....
۶۸	۴-۲-۲- سمیت نئودیمیوم.....
۶۸	۵-۲-۲- کاربردهای نئودیمیوم.....
۶۹	۶-۲-۲- روشهای اندازه گیری نئودیمیوم.....
۷۰	فصل سوم- بخش دستگاهی.....
۷۱	۱-۳- طیف سنجی FT-IR.....
۷۱	۱-۱-۳- کاربرد دستگاه FT-IR.....
۷۲	۲-۱-۳- دستگاه طیف سنج تبدیل فوریه.....
۷۳	۲-۳- روش وزن سنجی گرمایی(گرماوزنی) TG.....
۷۳	۱-۲-۳- انواع آنالیز حرارتی.....
۷۴	۲-۲-۳- آنالیز گرمایی وزن سنجی (TGA).....



۷۵	۳-۳- میکروسکوپ الکترونی (SEM).....
۷۷	۳-۳-۱- کاربردهای اساسی میکروسکوپ الکترونی.....
۷۸	۳-۳-۲- قابلیت های SEM.....
۷۸	۳-۴- طیف سنجی پلاسمای جفت شده القایی- نشری (ICP-AES).....
۷۹	۳-۴-۱- مزایای طیف سنجی با پلاسمای القایی جفت شده القایی.....
۸۰	۳-۴-۲- معایب طیف سنجی با پلاسمای جفت شده القایی.....
۸۱	۳-۴-۳- توانایی طیف سنجی پلاسمای جفت شده القایی برای لانتانیدهای هدف.....
۸۱	۳-۵- آنالیز عنصری (CHNS).....
۸۲	۳-۵-۱- گازهای مصرفی.....
۸۲	۳-۵-۲- شرایط نمونه.....
۸۳	فصل چهارم- سنتز جاذب پلیمری.....
۸۴	۴-۱- مواد و دستگاههای مورد نیاز.....
۸۴	۴-۱-۱- مواد اولیه.....
۸۵	۴-۱-۲- دستگاههای مورد نیاز.....
۸۶	۴-۲- مراحل اصلاح جاذب پلیمری.....
۸۶	۴-۲-۱- چربی زدایی از PAN ( شستشوی الیاف آکرلیک).....
۸۶	۴-۲-۲- تبدیل گروه سیانید به گروه استری.....
۸۶	۴-۲-۳- تبدیل گروههای استری به گروههای اسیدی (هیدرولیز الیاف).....
۸۷	۴-۲-۴- اضافه کردن تیونیل کلرید (تبدیل گروههای اسیدی به اسید کلراید).....
۸۷	۴-۲-۵- واکنش با ایمینو دی استیک اسید (IDA).....
۸۸	۴-۳- سنتز الیاف پلی آکریلو نیتریل آمیددار شده به روش مستقیم.....
۸۸	۴-۴- بررسی طیف FT-IR الیاف آکرلیک خام و اصلاح شده با IDA.....
۸۹	۴-۵- خواص حرارتی الیاف آکرلیک خام و اصلاح شده با IDA.....
۹۰	۴-۶- بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) الیاف PAN.....
۹۰	۴-۷- مکانیسم اصلاح الیاف توسط ایمینودی استیک اسید.....
۹۵	فصل پنجم- اندازه گیری یون نئودیمیوم در محلولهای آبی.....
۹۶	مقدمه.....
۹۶	۵-۱- مواد و دستگاههای مورد نیاز.....
۹۸	۵-۲- محلولها و واکنشگرها.....
۹۸	۵-۲-۱- تهیه محلولهای استوک.....
۹۸	۵-۲-۲- تهیه بافرهای استات و فسفات.....
۹۸	۵-۳- روش های آنالیز (روش Batch).....
۹۸	۵-۳-۱- بررسی اثر pH محلول در جذب یون $Nd^{3+}$ توسط الیاف اصلاح شده.....

۱۰۱	۵-۳-۲- بررسی اثر دما در غلظت‌های مختلف بر میزان جذب $Nd^{3+}$ توسط الیاف اصلاح شده.....
۱۰۳	۵-۳-۳- بررسی اثر زمان بر میزان جذب یون $Nd^{3+}$ توسط الیاف اصلاح شده.....
۱۰۵	۵-۳-۴- بررسی اثر یونهای مزاحم بر میزان جذب یون نئودیمیوم.....
۱۰۶	۵-۴-۴- کارایی الیاف در اندازه گیری یون نئودیمیوم در نمونه های حقیقی.....
۱۰۷	۵-۴-۱- میزان یون نئودیمیوم در آب زاینده رود و پساب کاشی سازی و آب قنات کوثر.....
۱۰۹	۵-۴-۲- اندازه گیری یون $Nd^{3+}$ در پلاسما.....
۱۱۳	نتایج.....
۱۱۴	پیشنهادات.....
۱۲۲	منابع و ماخذ.....
۱۲۷	چکیده انگلیسی.....

## فهرست جدولها

- ۱-۱- جدول مقادیر  $\alpha_N^M$  یون جیوه در مقابل سایر یونهای فلزی..... ۱۵
- ۲-۱- جدول انواع فیلتراسیون غشایی..... ۲۶
- ۳-۱- جدول تفاوت جذب سطحی شیمیایی و فیزیکی..... ۳۲
- ۴-۱- جدول ماکزیم ظرفیت جذب در شرایط پیوسته و ناپیوسته توسط IRC-78 و wp-1..... ۳۹
- ۵-۱- جدول مقایسه فرآیند تبادلگرهای یون گرانولی الیاف..... ۴۳
- ۶-۱- جدول میزان جذب یون توسط الیاف اصلاح شده..... ۵۵
- ۱-۲- جدول خواص لانتانیدها..... ۵۹
- ۲-۲- جدول فراوانی نوعی لانتانیدها در سنگهای معدنی..... ۶۱
- ۳-۲- جدول فراوانی کل لانتانیدها..... ۶۲
- ۱-۴- جدول عدد موجی گروههای عاملی الیاف آکرلیک خام و اصلاح شده..... ۸۹
- ۱-۵- جدول شرایط بهینه ICP-AES..... ۹۷
- ۲-۵- جدول جذب یون نئودیمیوم در محدوده pH های ۸-۵/۳..... ۱۰۰
- ۳-۵- جدول نتایج حاصل از جذب الیاف در دمای ۲۵°C..... ۱۰۲
- ۴-۵- جدول زمان بهینه جذب یون نئودیمیوم..... ۱۰۴
- ۵-۵- جدول درصد استخراج یون نئودیمیوم در حضور کاتیونهای مزاحم..... ۱۰۶
- ۶-۵- جدول اندازه گیری یون نئودیمیوم در نمونه های آب..... ۱۰۸
- ۷-۵- جدول اندازه گیری یون  $Nd^{3+}$  در نمونه پساب کاشی سازی..... ۱۰۸
- ۸-۵- جدول اندازه گیری یون  $Nd^{3+}$  در نمونه پلاسما..... ۱۰۹
- ۹-۵- جدول بررسی دقت روش..... ۱۱۰
- ۱۰-۵- جدول غلظت یون نئودیمیوم در آب مقطر..... ۱۱۲

## فهرست نمودارها

- ۱-۵ نمودار جذبی یون نئودیمیوم در محدوده  $\text{PH} = 3.5 - 8$  ..... ۱۰۰
- ۲-۵ نمودار کارایی الیاف در غلظت‌های مختلف در دمای  $25^\circ\text{C}$  ..... ۱۰۳
- ۳-۵ نمودار جذبی یون نئودیمیوم در دماهای مختلف ..... ۱۰۴
- ۴-۵ نمودار کالیبراسیون یون نئودیمیوم ..... ۱۱۱

## فهرست شکلها

- ۱-۱ شکل نمای شماتیک از پدیده تبادل یون و جذب ..... ۳
- ۱-۲ شکل مقایسه قطر الیاف و گرانولهای مبادله کننده یون ..... ۵
- ۱-۳ شکل ایزوترمهای تبادل یون برای مقادیر مختلف ضریب انتخابگر ..... ۱۲
- ۱-۴ شکل مقادیر متفاوت D در برابر pH برای یونهای مختلف ..... ۱۴
- ۱-۵ شکل منحنی ایزوترمی تبادل یون ..... ۱۷
- ۱-۶ شکل اثر pH روی جذب یونهای مس در لیف HPANF ..... ۱۸
- ۱-۷ شکل اثر pH روی جذب الیاف PAAP ..... ۱۹
- ۱-۸ شکل میزان جذب یون مس و سرب روی لیف PANF و APANF ..... ۲۰
- ۱-۹ شکل اثر زمان واکنش روی جذب یونهای فلورید و فسفات و آرسنات روی الیاف آکرلیک عمل شده با هیدرازین ..... ۲۰
- ۱-۱۰ شکل سینتیک جذب یونهای مس و سرب روی *Aspergillus niger* در دماهای مختلف ..... ۲۱
- ۱-۱۱ شکل سیستم کار الکترودیالیز ..... ۲۷
- ۱-۱۲ شکل واکنش آکریلو نیتریل با هیدرازین، هیدروکسیل آمین و سدیم هیدروکسید ..... ۵۲
- ۱-۱۳ شکل محصول واکنش در فاز آبی و در فاز حلال ..... ۵۳
- ۱-۱۴ شکل واکنش PAN با ۲- آمینو-۲- اتیل-۱-و ۳- پروپان دیول ..... ۵۴
- ۱-۱۵ شکل طیف FT-IR الیاف PAN اصلاح شده و اصلاح نشده ..... ۵۴
- ۱-۳ شکل اجزاء دستگاه طیف سنج تبدیل فوریه ..... ۷۲
- ۱-۴ شکل اصلاح الیاف آکرلیک با IDA ..... ۹۲

## فصل اول

تاریخچه الیاف پلی آکریلو نیتریل (PAN)

روشهای تولید و اصلاح آنها

## ۱-۱- مقدمه

افزایش فعالیت های صنعتی و پیدایش فناوری های جدید در طی سالهای اخیر سبب افزایش سطح فلزات سنگین در محیط زیست به ویژه در سیستمهای آبی شده است.

اگرچه فلزات برای تمام انواع ارگانیزمهای زنده لازمند اما اگر مقدار آنها از حدی فراتر رود خطرناک بوده و علاوه بر ایجاد خطرات زیست محیطی جدی، برای سلامتی انسانها نیز مضر هستند بنابراین زدودن آنها از آبها و پسابها امری ضروری است.

تحقیق در زمینه حذف یونهای فلزی سنگین به دلیل طبیعت سمی و سرطانزایی اغلب آنها و یا به لحاظ ارزش اقتصادی ناشی از بازیابی فلزات گرانبها مورد توجه بسیاری از دانشمندان و صاحبان نظران است.

روشهای متنوعی برای حذف فلزات از محیطهای آبی وجود دارد. از جمله این روشها می توان به اسمز معکوس، ته نشینی، استخراج حلال، جداسازی غشایی، عملیات الکتروشیمیایی، جذب و تبادل یون اشاره کرد. حذف یونهای فلزی از محلول با فرآیند کیلیت کردن، جذب و یا تبادل یون بسیار متداول بوده و در سطح گسترده ای محققین بررسی شده است [۱ و ۲].

## ۱-۲- تبادل یون و جذب

در تلاشهای اولیه برای توضیح کمیت توزیع یونها بین مبادله کننده و محلول، تصور شد که فرآیند در اصل جذب است. چرا که مکانیزمهای واکنشهای تبادل یون و تکنیک های استفاده شده شبیه جذب است و برای اغلب اهداف مهندسی، تبادل یون به راحتی می تواند به عنوان یک جنبه خاصی از جذب مطرح شود [۱].

به طور کلی به نفوذ ماده ای در ماده دیگر جذب<sup>۱</sup> گفته می شود و بر اساس نوع پیوند بین جاذب و جذب شونده، به صورت جذب فیزیکی، شیمیایی و یا الکترواستاتیکی طبقه بندی می شود.

---

<sup>۱</sup> - Sorption

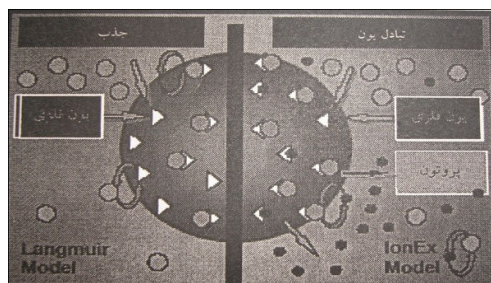
در جذب فیزیکی هیچ تبادل الکترونی صورت نمی گیرد و جاذبه بین جاذب و جذب شونده در سطح، ضعیف و از نوع واندروالسی است. انرژی جذب در جذب فیزیکی در حد گرمای میعان<sup>۱</sup> است. گرمای جذب نسبتاً کم و مقدار آن در حدود  $2/4 \text{ KJ/mol}$  است.

در جذب شیمیایی یک تبادل بین الکترونهاي جاذب و جذب شونده به وجود می آید که در نتیجه آن پیوند شیمیایی تشکیل می شود. مولکولهای جذب شده روی سطح توسط نیروهای والانس نگه داشته می شوند و انرژی اکتیواسیون برای جذب شیمیایی شبیه میزان گرمای واکنشهای شیمیایی است و در نتیجه در درجات حرارتی بالا پایدار است.

دو نوع جذب شیمیایی وجود دارد فعال<sup>۲</sup> و غیرفعال<sup>۳</sup>. جذب شیمیایی فعال به معنای آنست که سرعت جذب بر اساس انرژی اکتیواسیون در معادله آرنیوس ( $83/7 - 8/4$ )، با درجه حرارت تغییر می کند. اما در برخی از سیستمهای جذب شیمیایی بسیار سریع اتفاق می افتد که به معنای این است که انرژی اکتیواسیون نزدیک صفر است. این نوع جذب، جذب شیمیایی غیرفعال نامیده می شود.

در جذب الکتروستاتیکی یا تبادل یون، نیروهای کولمبی بین یون و گروههای عاملی ماده جاذب وجود دارد. گرمای تبادل یون نیز ناچیز و در حدود  $16-8 \text{ KJ/mol}$  است [۳].

به طور کلی تفاوت جذب و تبادل یون در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.



شکل (۱-۱) نمای شماتیک از پدیده تبادل یون و جذب [۴]

### ۱-۳- انواع مواد مبادله کننده یون

<sup>1</sup> - Condensation

<sup>2</sup> - Activated chemical adsorption

<sup>3</sup> - Non-activated chemical adsorption



مواد مبادله کننده می توانند طبیعی یا مصنوعی، غیرآلی، پلیمری و یا میکروارگانیزم باشند که هر کدام مزایا و معایب مخصوص به خود را دارد. همچنین مواد مبادله کننده می توانند به اشکال مختلفی نظیر گرانول، پودر، غشا و مایع استفاده شوند که کاربرد هر کدام از آنها نیازمند تجهیزات و امکانات خاصی است [۵]. امروزه در بیشتر صنایع داخلی از مبادله کننده های رزینی و یا گرانولی استفاده می شود.

مبادله کننده های یون در شکل گرانولی و رزینی در برخی کاربردها قابلیت جذب کم، دوام و ماندگاری پائین، بازیابی نامناسب، خواص سینتیکی ضعیف و هزینه های بالای تعمیر و نگهداری دارند که سبب کاربرد محدود تکنیک تبادل یون با استفاده از این مواد در مقیاس صنعتی می شود. همچنین کاربردهای صنعتی این مواد در مقیاس بزرگ به دلیل مقاومت بالای لایه های فیلتری به سختی امکان پذیر است [۶].

به دلیل محدودیت های سخت که در پسابهای صنعتی با غلظت بالای یونهای سنگین وجود دارد نیاز به تحقیقات جدید و پیدایش شیوه های نوینی در تکنیکهای تبادل یون و توسعه اصلاح جاذبها شدیداً احساس می شود [۷].

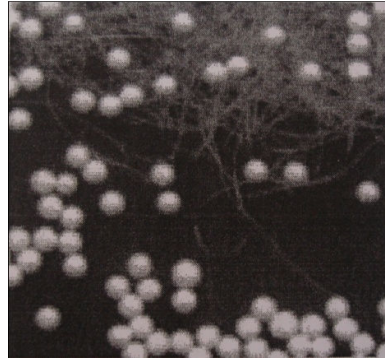
#### ۱-۴- تاریخچه و اهمیت الیاف مبادله کننده یون

از جمله روشهایی که در سالیان اخیر توجه محققین بسیاری را در جهان به خود جلب نموده، استفاده از الیاف نساجی برای جذب یونهای فلزی است.

مطالعات انجام گرفته نشان می دهد تحقیق در مورد جاذبهای یون لیفی از اوایل دهه ۸۰ میلادی مطرح شده است و هر روزه در جهت بالا بردن کیفیت و کارایی این نوع الیاف گامهای نوینی برداشته می شود.

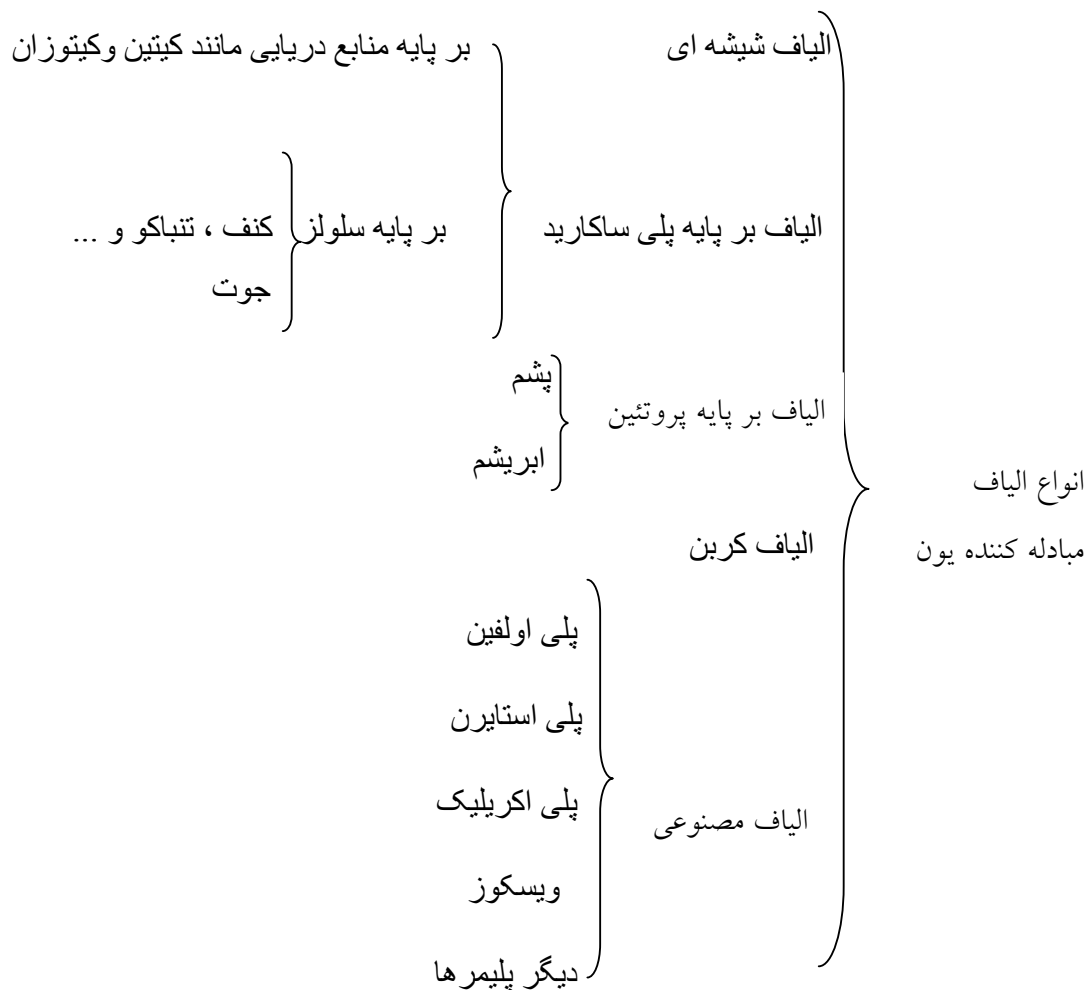
معرفی مبادله کننده های یون به شکل الیاف یک پیشرفت مهم در زمینه فناوری تبادل یون به شمار می رود و سبب گسترش کاربرد این تکنیک در زمینه های جدیدی شده که استفاده از انواع دیگر مبادله کننده ها در آن زمینه ها از کارایی کافی برخوردار نبوده و یا غیرممکن است [۵]. این نوع از مبادله کننده ها به دلیل ساختارشان، ویژگی های منحصر به فردی دارند. از مزایای این نوع مواد می توان به سرعت جذب بالا، پایداری اسمزی بالاتر و راحتی کاربرد اشاره کرد [۸].

در شکل (۲-۱) تفاوت اندازه الیاف در مقایسه با گرانول ها آورده شده است. این تفاوت سبب سرعت و کارایی بالاتر مبادله کننده نوع لیفی نسبت به نوع گرانولی می شود.



شکل (۲-۱) مقایسه قطر الیاف و گرانولهای مبادله کننده یون  
قطر مبادله کننده یون گرانولی ۰/۵ و قطر الیاف مبادله کننده یون ۲۲ میکرومتر [۵]  
۱-۵- انواع الیاف مبادله کننده یون

روشها و تکنولوژی تولید انواع مختلف مبادله کننده های یون لیفی توسعه زیادی پیدا کرده است. این نوع از مبادله کننده ها می توانند بر پایه الیاف طبیعی و یا مصنوعی تهیه شوند. مبادله کننده های لیفی را می توان به صورت زیر طبقه بندی کرد:



الیاف با پایه طبیعی نظیر کنف، تنباکو و... در حذف یونهای فلزی سنگین بسیار مؤثر شناخته شده اند. درمقابل الیافی با پایه چوب، ظرفیت جذب پائینی برای فلزات سنگین از خود نشان داده اند. تحقیقات برای افزایش ظرفیت جذب الیاف لیگنو سلولزی از طریق اصلاح شیمیایی در حال انجام است و نتایج موفقیت آمیزی نیز برای الیاف دریایی (نظیر کایتوزان و...) و پوست درخت بدست آمده اما در حال حاضر این فرآیندها بسیار گران بوده و با مشکلاتی مواجه است که از آن جمله می توان به وجود بیش از حد ترکیبات آلی رنگی، بو و یا آلودگی به دلیل استفاده از مواد شیمیایی سمی اشاره کرد. لازم به ذکر است مواد لیگنوسلولز پلیمرهای خالصی نیستند و ترکیبات

اصلی آن سلولز، همی سلولز و مواد خارجی دیگر<sup>۱</sup> است. به غیر از سلولز، ساختار شیمیایی این اجزا بسیار متنوع و بعضاً پیچیده است [۹].

اغلب مبادله کننده های لیفی بر پایه سلولز با تبدیل گروه هیدروکسیل ساخته می شوند [۱۰ و ۱۱]. مبادله کننده های لیفی می توانند بر پایه گرافت کوپلیمرهای سلولز با پلی اکریلونیتریل یا متیل متاکریلات نیز تهیه شوند که در این حالت گروههای کیلیت کننده از طریق گرافت روی پلیمر ایجاد می شوند [۱۰].

همچنین در پژوهشی برای تولید الیاف جاذب یون از الیاف طبیعی سلولزی، از الیاف جوت استفاده شده است. در این حالت با اصلاح شیمیایی جوت و رنگرزی آن با رنگ راکتیو منو کلرو تری آزین و نیز اکسیداسیون آن، ظرفیت جذب این الیاف را در جذب فلزات سنگین نظیر نیکل و روی افزایش داده اند. در این حالت ایجاد گروه عاملی از طریق رنگرزی آن با رنگ مونو کلرو تری آزین و اکسیداسیون لیف بوده است. حداکثر ظرفیت جذب این الیاف اصلاح شده با استفاده از جوت رنگرزی شده،  $3/18 \text{ mg/g}$  برای فلز مس بود که در این حالت حدود ۸۴٪ از فلز از محلول جداسازی شده بود [۱۲].

مقالاتی نیز در خصوص کاربرد الیاف پشم به عنوان مبادله کننده یون به چشم می خورد [۱۳ و ۱۴]. در یک پژوهش برای جذب انتخابی کروم از محلول، از جاذب هایی نظیر پشم، خاک اره و ضایعات زیتون، الیاف آناناس، پوسته بادام، برگ کاکتوس و خاکستر زغال استفاده شد. در میان این جاذبها، پشم طبیعی بهترین راندمان (حدود ۸۱٪ برداشت کروم از محلول  $100 \text{ ppm}$ ) را داشت [۱۳].

اغلب مبادله کننده های یونی در حالت خشک برای سالیان متمادی پایدارند. اما این مبادله کننده ها، در محیط آبی تنها برای چند ماه قابل استفاده هستند. یک مشکل عمده در نگهداری مبادله کننده ها در شرایط خیس، مخصوصاً برای مبادله کننده های سلولزی و دکستران، رشد میکروبی در آنها است [۱۵].

بنابراین در استفاده از مبادله کننده های سلولزی باید به این نکته توجه نمود. علی رغم مزایای متعددی که در استفاده از این نوع الیاف مبادله کننده یون طبیعی وجود دارد نظیر آبدوستی بالا،

<sup>۱</sup> - extractive