

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مدیریت تحصیلات تکمیلی  
دانشکده علوم  
گروه شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی تجزیه

## **استخراج منگنز (II) توسط فاز جامد نانو ذرات سیلیکا از نمونه‌های آبی**

**استاد راهنما:**

دکتر مصطفی خواجه

**استاد مشاور:**

دکتر منصور غفاری مقدم

**تهیه و تدوین:**

شیدا هزاریان

مهر ۱۳۹۲

تقدیم به

پدر عزیزم:

اوکه هرچه داشت به پایم ریخت و هرچه آرزو کردم برایم خواست. اوکه تمام آرزوهای من تجسم دیروزهای از دست رفتنش است و تمام لجندهای امروزم را به بهای سیاهی موهایش و طراوت زندگیش برایم به ارمغان آورده است.

و

مادر مهربانم:

آرام جانم و مهربان تر از من به من، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش بهمدنج بود و وجودش برایم همه مهر. اوکه در نیایش های دیروزش امروز مرا از خدا خواست. اوکه گذشت از هر آنچه نمی توان گذشت.

و تقدیم به

بهران و بهدلان همیشگی زندگی ام:

برادران مهربان و دوست داشتنی ام

## تقدیم به

همسر من:

به پاس حمایت و همراهی که موجب خرسندی و دلگرمی من بود.

و

پدر و مادر، همسر من:

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه بی ایشار و از خودگذشتگی، به پاس عاطفه‌ی سرشار و گرمای امید بخش وجودشان و قلب‌های بزرگشان که فریادس است و به پاس محبت‌های بی‌دینشان که هرگز فروکش نمی‌کند.

تشكر و قدردانی خود را تقدیم می‌دارم به

مخضر استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر مصطفی‌نواچه که در کمال سع صدر با حسن خلق و فروتنی از بیچ لکی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهنمائی این رساله را به عهده گرفتند.

از استاد کراتقدرم جناب آقای دکتر منصور غفاری مقدم که در دوران تحصیل از مخضرشان بهره بردم و راهنمائی این رساله را پذیرفتند، قدردانی و تشکر می‌نمایم.

از استاد گرامی سرکار خانم دکتر رویا محمدزاده که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند، کمال تشكر و قدردانی را دارم.

شیدا خرابیان

## چکیده

در این تحقیق، از هیبرید بهینه‌سازی کلونی مورچه-شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور توسعه مدل برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی نانو ذرات سیلیکا جهت استخراج منگنز استفاده شد. pH، زمان استخراج، مقدار نانو ذرات سیلیکا و غلظت ۱- (۲-پریدیلازو)-۲-نفتول (PAN) متغیرهای ورودی بودند و درصد استخراج آنالیت به‌عنوان متغیر خروجی در نظر گرفته شد. شرایط بهینه به این صورت بودند: pH برابر ۱۰/۵، زمان همزدن ۳۰ دقیقه، مقدار نانو ذرات ۱۰۰ میکروگرم و غلظت PAN ۰/۵ میلی گرم بر لیتر. تحت شرایط بهینه، حد تشخیص ۰/۵۲ میکروگرم بر لیتر بود. این روش برای استخراج منگنز از نمونه‌های آبی به کار گرفته شد.

کلمات کلیدی: منگنز، نانو ذرات سیلیکا، شبکه‌های عصبی مصنوعی و بهینه‌سازی کلونی مورچه

فصل اول: مقدمه و کلیات

۲	۱-۱- مقدمه .....
۳	۲-۱- تاریخچه و کاربرد منگنز .....
۳	۱-۲-۱- خواص منگنز .....
۴	۲-۲-۱- منگنز، به عنوان آلاینده‌ی منابع آب .....
۴	۳-۲-۱- استانداردهای بهداشتی غلظت منگنز .....
۴	۴-۲-۱- اهمیت اندازه‌گیری منگنز .....
۵	۳-۱- روش‌های استخراج .....
۵	۱-۳-۱- استخراج با فاز جامد .....
۹	۲-۳-۱- خصوصیات فاز جامد .....
۹	۳-۳-۱- مزایای روش استخراج با فاز جامد .....
۹	۴-۳-۱- کاربردهای استخراج با فاز جامد .....
۱۰	۴-۱- نانو جاذب‌ها .....
۱۱	۱-۴-۱- عوامل تاثیرگذار روی مکانیسم جذب سطحی در نانو جاذب‌ها .....
۱۵	۲-۴-۱- نانو ذرات سیلیکا .....

فصل دوم: روش‌های آماری و مروری بر منابع

۱۷	۱-۲- مقدمه .....
۱۸	۲-۲- شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) .....
۲۰	۱-۲-۲- تقسیم بندی شبکه‌های عصبی .....
۲۰	۱-۲-۲-۱- یادگیری نظارت شده یا با ناظر .....
۲۰	۲-۲-۲-۱- یادگیری نظارت نشده یا بدون ناظر .....
۲۱	۲-۲-۲- ویژگی‌های شبکه عصبی مصنوعی .....
۲۲	۳-۲-۲- توابع محرک .....
۲۳	۱-۳-۲-۲- تابع محرک خطی .....
۲۴	۲-۳-۲-۲- تابع محرک تانژانت سیگموئیدی .....
۲۵	۴-۲-۲- الگوریتم‌های آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی .....
۲۶	۱-۴-۲-۲- الگوریتم لونیگ مارکواردت .....
۲۷	۳-۲- الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه (ACO) .....
۲۹	۴-۲- مروری بر مطالعات انجام شده در مورد روش استخراج فاز جامد .....
۳۰	۵-۲- مروری بر مطالعات انجام شده در مورد استخراج منگنز .....

۲-۶- مروری بر مطالعات انجام شده در مورد فاز جامد حاوی نانو ذرات سیلیکا..... ۳۳

### فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳۷	۱-۳- مقدمه.....
۳۷	۲-۳- تجهیزات.....
۳۸	۳-۳- مواد مصرفی.....
۳۸	۴-۳- تهیه جاذب نانو ذرات سیلیکا پیوند شده با ۳-آمینو پروپیل تری متوکسی سیلان.....
۳۹	۵-۳- فرآیند استخراج.....
۴۰	۶-۳- مدل ANN.....
۴۳	۷-۳- الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه (ACO).....

### فصل چهارم: نتایج و بحث

۴۶	۱-۴- مقدمه.....
۴۶	۲-۴- بررسی تاثیر پارامترهای موثر بر استخراج توسط عملیات آزمایشگاهی.....
۴۶	۴-۲-۱- اثر pH.....
۴۷	۴-۲-۲- اثر زمان استخراج.....
۴۸	۴-۲-۳- اثر مقدار جاذب.....
۴۹	۴-۲-۴- اثر غلظت PAN.....
۴۹	۳-۴- اثر مزاحمت یون‌های همراه.....
۵۰	۴-۴- مدل‌سازی با شبکه عصبی.....
۵۲	۴-۴-۱- آموزش شبکه عصبی.....
۵۶	۴-۵- تحلیل حساسیت.....
۵۸	۴-۶- بهینه‌سازی کلونی مورچه.....
۵۸	۴-۷- تعیین پارامترهای تجزیه‌ای روش استخراج فاز جامد.....
۵۸	۴-۷-۱- منحنی کالیبراسیون.....
۵۹	۴-۷-۲- حد تشخیص.....
۶۰	۴-۷-۳- فاکتور تغلیظ.....
۶۰	۴-۷-۴- حجم حد.....
۶۰	۴-۸- آنالیز نمونه‌های حقیقی.....
۶۲	نتیجه‌گیری.....
۶۳	پیشنهادات.....
۶۴	منابع.....



## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: مراحل استخراج فاز جامد.....	۸
شکل ۱-۲: مقایسه جذب سطحی گونه‌ها روی نانو ذرات و دیگر جاذب‌ها. (الف) شکل کلی یک جاذب کربنی متخلخل و نفوذ به درون حفرات آن (ب) جذب سطحی ذرات آنالیت روی نانو ذرات.....	۱۳
شکل ۱-۲: A نورون طبیعی و B نورون مصنوعی.....	۱۸
شکل ۲-۲: مدل نورون تک ورودی.....	۱۹
شکل ۳-۲: تابع محرک خطی.....	۲۴
شکل ۴-۲: تابع محرک تانژانت سیگموئیدی.....	۲۵
شکل ۵-۲: مسیر حرکت مورچه‌ها.....	۲۸
شکل ۱-۳: ساختار PAN.....	۳۸
شکل ۲-۳: تصویر TEM از نانو.....	۳۹
شکل ۱-۴: اثر pH روی میزان استخراج یون‌های منگنز (II).....	۴۷
شکل ۲-۴: اثر زمان روی میزان استخراج یون‌های منگنز (II).....	۴۸
شکل ۳-۴: اثر مقدار نانو جاذب روی میزان استخراج یون‌های منگنز (II).....	۴۸
شکل ۴-۴: اثر غلظت PAN روی میزان استخراج یون‌های منگنز (II).....	۴۹
شکل ۵-۴: نمایی از نمایش معماری.....	۵۱
شکل ۶-۴: نمایی از بازده شبکه عصبی.....	۵۵
شکل ۷-۴: نمودار پراکندگی مدل پیش‌بینی شده با ANN بر حسب مقدار واقعی با الگوریتم LM.....	۵۶
شکل ۸-۴: منحنی کالیبراسیون یون منگنز (II) در گستره غلظت ۵۰-۶۰۰ ppb.....	۵۹

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱: خواص شیمیایی عنصر منگنز.....	۳
جدول ۱-۲: انواع توابع محرک.....	۲۲
جدول ۱-۴: ارزیابی حدود تحمل یون‌های مزاحم روی پیش تغلیظ منگنز (II).....	۵۰
جدول ۲-۴: داده‌های آزمایشگاهی واقعی و پیش‌بینی شده از بازده استخراج منگنز (II).....	۵۳
جدول ۳-۴: ارزیابی بازده برهم‌کنش‌های متغیرهای ورودی برای الگوریتم LM با ۷ و ۵ نورون در لایه پنهان برای آنالیز.....	۵۷
جدول ۴-۴: تعیین میزان منگنز در نمونه‌های آبی (سه بار اندازه‌گیری).....	۶۱

فصل اول

مقدمه و کلیات

## ۱-۱- مقدمه

استخراج یک گونه‌ی شیمیایی از نمونه‌های طبیعی یا آزمایشگاهی به منظور آنالیز یا کاربردهای دارویی، خوراکی و صنعتی آن‌ها مستلزم حذف سایر گونه‌های شیمیایی همراه در داخل نمونه است. به بیان دیگر همواره لازم است که گونه‌ی شیمیایی مورد نظر خالص‌سازی شده، سپس برای اهداف ذکر شده مورد استفاده قرار گیرد. کلیه اعمال و فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی که در این راستا بکار می‌روند، به نام روش‌های جداسازی نامیده می‌شوند. از روش‌های جداسازی می‌توان ته‌نشینی، انجماد، استخراج با گاز، استخراج با فاز جامد، جذب سطحی، کروماتوگرافی و ... را نام برد ( Robert and Eugene, 2004).

روش استخراج با فاز جامد برای اولین بار در سال ۱۹۵۰ برای آنالیز آنالیت‌های آلی در آب انجام شد که در این روش از کربن‌ها به عنوان جاذب و از حلال‌های آلی به عنوان فاز شویشی استفاده شده است. ستون‌های تجاری جهت استخراج با فاز جامد در سال ۱۹۷۰ معرفی شدند. از آن زمان این روش به سرعت رشد کرد. این روش یکی از محبوب‌ترین روش‌های پیش‌تغلیظ نمونه می‌باشد ( Robert and Eugene, 2004).

## ۱-۲- تاریخچه و کاربرد منگنز

عنصر منگنز در سال ۱۷۷۴ توسط شول،<sup>۱</sup> دانشمند سوئدی شناسایی و معرفی شد. در سال ۱۸۵۶، کاربرد آن در صنایع فولاد شناخته شد و در سال ۱۸۸۲، رابرت هادفیلد<sup>۲</sup> فولادهای منگنزی را کشف کرد.

ترکیبات شیمیایی متفاوت منگنز در کودها، خوراکی‌ها، صنایع شیشه، رنگ‌ها، لعاب‌ها، رنگ جلا و محصولات شیمیایی و طبی گوناگونی به کار می‌رود. بیشترین کاربرد منگنز در تولید فولاد است. منگنز اساساً برای کنترل ناخالصی‌های اکسیژن و سولفور در تولید فولاد به کار می‌رود و از اهم کاربردهای آن سولفورزدایی و اکسیدزدایی است. همچنین باعث افزایش پایداری و سختی فولاد می‌شود (طبیعی، ۱۳۸۹).

## ۱-۲-۱- خواص منگنز

منگنز به‌خاطر خصوصیات ثابت‌کنندگی گوگرد، اکسیژن‌زدایی و آلیاژسازی برای تولید آهن و فولاد، عنصری ضروری است. فولادسازی، از جمله بخش تولید آهن آن، بیشترین مقدار منگنز را نیاز دارد. همچنین، منگنز بخش اصلی فرمول‌های ضد زنگ ارزان قیمت و آلیاژهای آلومینیوم پر کاربرد را تشکیل می‌دهد. در جدول (۱-۱) برخی از خواص منگنز بیان شده است.

جدول ۱-۱: خواص شیمیایی عنصر منگنز

عدد اتمی	جرم اتمی	نقطه ذوب (درجه سانتی‌گراد)	رنگ عنصر
۲۵	۵۴/۹۳۸	۲۲۷۱	خاکستری

<sup>۱</sup> Schule<sup>۲</sup> Hardfield

### ۱-۲-۲- منگنز، به عنوان آلاینده‌ی منابع آب

فلز منگنز معمولاً در آب‌های سطحی و زیرزمینی به صورت یون دو ظرفیتی یافت شده و می‌تواند عاملی برای آلودگی این منابع باشد. یون منگنز در حال حاضر در پساب بسیاری از کارخانه‌های صنعتی از قبیل کارخانه‌های تولید کننده باطری خشک، شیشه و سرامیک، رنگ‌سازی، کبریت‌سازی و مواد اولیه نقاشی به صورت پیرولوسیت ( $MnO_2$ ) اصلاح شده، کارخانه‌های تولید ورقه‌های گالوانیزه و به عنوان کاتالیزور در صنایع پتروشیمی یافت می‌گردد (Meena *et al.*, 2008).

### ۱-۲-۳- استانداردهای بهداشتی غلظت منگنز

سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup> (WHO) حداکثر غلظت قابل قبول منگنز در آب آشامیدنی را برابر با ۱ میلی گرم بر لیتر توصیه کرده است.

در کشور برزیل بیشترین مقدار استاندارد منگنز موجود در آب‌های آشامیدنی ۰/۱ میلی گرم بر لیتر در نظر گرفته شده است و بر اساس استاندارد آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده آمریکا مقدار مجاز منگنز در آب شرب ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر تعیین شده است (Taffarel and Rubio, 2009).

### ۱-۲-۴- اهمیت اندازه‌گیری منگنز

کمبود منگنز در بدن انسان به ندرت مشاهده می‌شود در حالی که مسمومیت با منگنز در افرادی که در معرض غلظت‌های بالایی از این عنصر یا ترکیب آن قرار دارند مشاهده می‌شود. این مسمومیت در دوران نوزادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تحقیقات نشان می‌دهد مسمومیت با منگنز تشکیل

<sup>۱</sup> World Health Organization

هموگلوبین را کاهش داده و باعث کم‌خونی می‌شود. منگنز پس از جذب، از روده‌ها به جریان خون وارد شده و توسط پروتئین‌های مختلف به خصوص ترانسفرین به سلول‌های هدف اصلی می‌رود (حسن‌زاده قصبه، ۱۳۸۱).

### ۱-۳- روش‌های استخراج

تعیین مستقیم گونه‌ها، مانند فلزات سنگین در بافت نمونه، بخاطر پایین‌تر بودن غلظت آن‌ها از حد تشخیص دستگاه‌های تجزیه‌ای و نیز مشکل بافت پیچیده نمونه، از مشکلات همیشگی بر سر راه شیمی‌دانان تجزیه است. توسط روش‌های پیش‌تغلیظ و استخراج پیش از مرحله تشخیص و اندازه‌گیری دستگاهی، می‌توان بر این محدودیت‌ها غلبه کرد. روش‌های متنوعی برای این امر تاکنون ابداع شده است که از جمله می‌توان به استخراج سوکسله، استخراج مایع-مایع، استخراج مایع-پخشی، استخراج با فاز جامد، میکرو استخراج با فاز جامد و استخراج به کمک امواج مایکروویو اشاره کرد (دست افکن، ۱۳۹۱).

#### ۱-۳-۱- استخراج با فاز جامد

در میان تمام روش‌های جداسازی و پیش‌تغلیظ، استخراج با فاز جامد<sup>۱</sup> (SPE) از پرکاربردترین روش‌ها به‌شمار می‌رود. در مواقعی که با بافت پیچیده نمونه و یا غلظت ناچیز آنالیت مواجه‌ایم، این روش قادر به فراهم آوردن شرایط کاری انعطاف‌پذیر و در نتیجه استخراج ساده‌تر می‌باشد (Moyano

<sup>1</sup> Solid phase extraction

(*et al.*, 1999). به خاطر مزایای متعدد زیر، استخراج با فاز جامد جایگزین روش استخراج مایع-مایع

<sup>۱</sup>(LLE) شده است (Pyrzynska and Trojanowicz, 1999) که این مزایا عبارتند از:

۱- انعطاف پذیری<sup>۲</sup>

۲- هزینه پایین به خاطر پایین آوردن مصرف معرفها

۳- نبود فرایند مزاحم امولسیون

۴- سرعت و سادگی روش

۵- نمونه برداری میدانی

۶- سازگاری با محیط زیست از نظر نمونه‌ها و خروجی‌های زیان‌آور کمتر

۷- سهولت اتوماسیون روش

این روش به‌طور عمده بر پایه بهره‌گیری از جاذب‌های جامد آلی و معدنی مانند رزین‌های XAD (*Guo et al.*, 2004)، رزین‌های تعویض یون (*Abollino et al.*, 2000)، سیلیکاژل (*Jal et al.*, 2004)، مشتقات سلولزی (*Gurnani et al.*, 2003)، کف پلی اورتان (*Pohl and Prusisz*, 2004) و کربن فعال (*Narin et al.*, 2000) استوار می‌باشد. استخراج و جداسازی یون‌های فلزی توسط این جاذب‌ها شناخته شده است و به‌طور عمده بر پایه فعالیت سطح و ویژگی‌های جذبی همراه با این فازهای جامد می‌باشد (*Liu et al.*, 2000). از طرف دیگر عیب اساسی این جاذب‌ها نبود گزینش‌پذیری کافی برای یون‌های فلزی بوده که به مزاحمت بالای دیگر گونه‌های موجود در بافت نمونه منجر می‌گردد. برای غلبه بر این مشکل اصلاح شیمیایی یا فیزیکی سطح جاذب با برخی ترکیبات آلی انجام می‌شود که

<sup>1</sup> Liquid-Liquid extraction

<sup>2</sup> Flexibility



معمولا آغشته کردن سطح جاذب با برخی اتم‌های دهنده الکترون این ترکیبات مانند اکسیژن، نیتروژن، گوگرد و فسفر صورت می‌گیرد (Mahmoud *et al.*, 2000).

این روش برای استخراج و تغلیظ آنالیت‌ها از یک بافت مایع به‌وسیله توزیع ترکیبات بین یک فاز جامد و یک فاز مایع استفاده می‌کند. هدف استخراج با فاز جامد از بین بردن ترکیبات مزاحم و تغلیظ آنالیت با بازیابی خوب و نتایج تکرارپذیر می‌باشد (Huck and Bonn, 2000). استخراج با فاز جامد معایبی نیز دارد که از جمله می‌توان به تکثیرپذیری پایین روش به‌خاطر تفاوت‌های بین مقادیر دسته-ای جاذب‌ها، مشکل بودن استانداردسازی، استفاده از سیستم ایجاد مکش و خلا و ماهیت متنوع مراحل خشک شدن اشاره نمود. با توسعه جاذب‌های جدید به‌خصوص نانو مواد به‌عنوان نسل جدیدی از جاذب‌ها، تکثیرپذیری روش را می‌توان تا حدود زیادی بهبود بخشید.

فرآیند استخراج با فاز جامد مطابق شکل (۱-۱) از ۴ مرحله پیاپی تشکیل می‌گردد:

۱- آماده‌سازی ستون

۲- پر کردن و عبور دادن نمونه از ستون

۳- شستن ستون

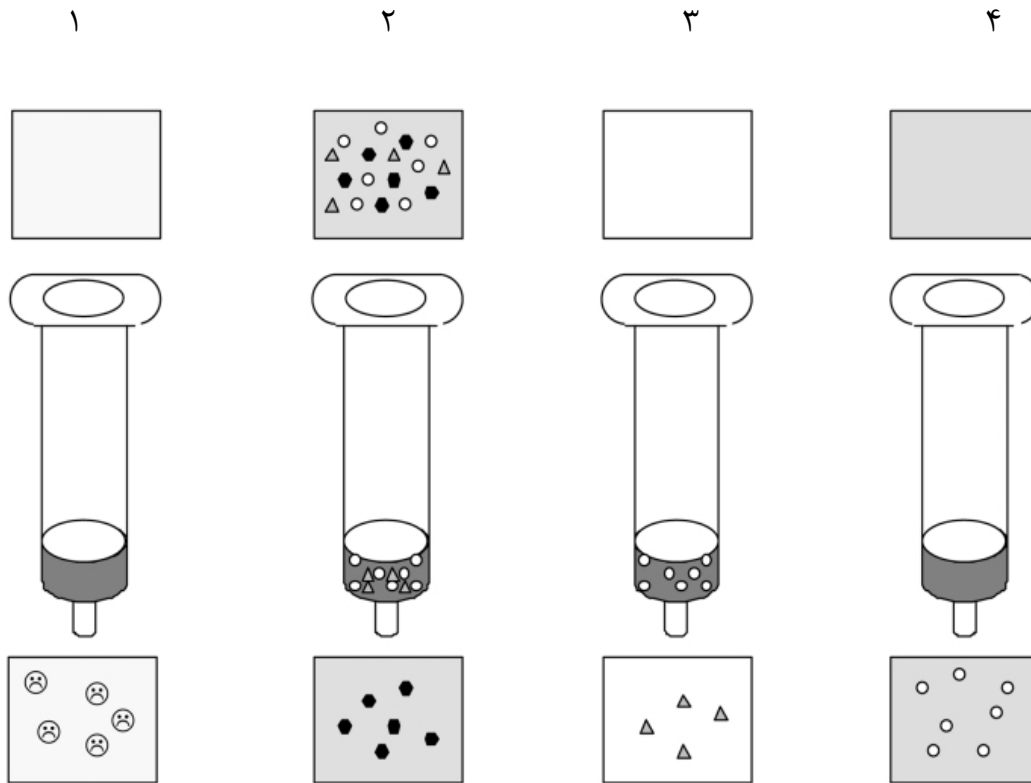
۴- واجذب آنالیت

زمانی که این چنین فرآیندی توسعه می‌یابد، یک ماده جامد مناسب به‌عنوان جاذب و حلال‌های شوینده مناسب بایستی بر حسب خصوصیات آنالیت و بافت نمونه و هدف فرآیند آنالیز انتخاب گردند. فرآیند آنالیز شامل آنالیز گزینشی<sup>۱</sup> و آنالیز هدف<sup>۲</sup> می‌شود. استخراج نهایی نیز بایستی با فرآیند تجزیه-ای نهایی یعنی مرحله آنالیز نمونه سازگار باشد. مرحله آنالیز نمونه بر حسب ماهیت نمونه می‌تواند

<sup>1</sup> Screening analysis

<sup>2</sup> Target analysis

گوناگون باشد. از طیف سنجی جذب اتمی گرفته تا دستگاه‌های کروماتوگرافی نظیر کروماتوگرافی گازی و مایع برای مرحله‌ی نهایی استخراج‌های تجزیه‌ای استفاده می‌شوند.



شکل ۱-۱: مراحل استخراج فاز جامد

انواع مختلفی از مواد استخراج با فاز جامد موجود می‌باشد که معمولاً به درون ظروف سرنگ ماندنی به نام ستون که در ارتباط با سیستم فشار (مثبت یا منفی) می‌باشد، فشرده می‌گردند. حجم ستون بسته به حجم نمونه انتخاب می‌شود و مقدار جاذب که بین دو دیسک نگه‌دارنده فشرده می‌گردد، ظرفیت نمونه را که تقریباً ۵ درصد جرم جاذب می‌باشد، تعیین می‌کند (Walker and Mills, 2002). دیسک‌های استخراج با فاز جامد که گاهی اوقات به آن‌ها غشاء نیز می‌گویند، انواع دیگری از

تجهیزات استخراج با فاز جامد می‌باشند که برای جلوگیری از برخی نواقص ستون‌های کلاسیک توسعه یافته‌اند (Wille and Lambert, 2007).

### ۱-۳-۲- خصوصیات فاز جامد (Liu et al., 2007)

- ۱- پایداری شیمیایی داشته باشد.
- ۲- قابلیت جذب و واجدبی انتخابی داشته باشد.
- ۳- اندازه ذرات کوچک باشد تا سطح تماس بیشتر باشد.
- ۴- جذب و واجذب تکرارپذیر باشد.
- ۵- فاز جاذب خالص باشد.

### ۱-۳-۳- مزایای روش استخراج با فاز جامد (Liu et al., 2007)

- ۱- فاز جاذب جامد است.
- ۲- مقادیر مصرفی حلال آلی ناچیز است.
- ۳- فاکتور تغلیظ بالاست.
- ۴- امکان تغلیظ نمونه‌ی رقیق شده وجود دارد.
- ۵- امکان استفاده آسان وجود دارد.
- ۶- مواد مورد استفاده، آلوده‌کننده‌های محیط زیست نمی‌باشند.

### ۱-۳-۴- کاربردهای استخراج با فاز جامد (Liu et al., 2007)

- ۱- استخراج و تغلیظ انواع کاتیون‌های فلزی

۲- استخراج و تغلیظ ترکیبات آلی مختلف

۳- استخراج و تغلیظ ترکیبات دارویی

۴- استخراج و تغلیظ آلاینده‌های محیط زیست

#### ۴-۱- نانو جاذب‌ها

آماده‌سازی و سنتز نانو جاذب‌های استخراج با فاز جامد در روش‌های سنتز مواد نانو ساختار در زمینه علوم مواد اهمیت به‌خصوصی پیدا کرده است. روش‌های موجود برای تهیه نانو جاذب‌ها با توجه به عواملی همچون فشار بالا، دمای بالای حلال و محیط واکنش به روش‌های متنوعی از جمله شیمی تر، روش‌های فیزیکی- مکانیکی، روش‌های سنتز نوری و روش‌های سنتز سبز توسط عوامل زیستی تقسیم می‌گردند. تعدادی از روش‌های سنتز شیمیایی نانو ذرات به عنوان یکی از مهم‌ترین گروه‌های نانو مواد شامل: روش Sol-gel، تبخیر گرمایی، هم‌رسوبی، رسوب‌دهی توسط سورفکتانت‌ها، رسوب‌دهی توسط عوامل مسدود کننده سطح، فرآیندهای رشد ذره توسط پیش ماده‌های آلی- فلزی و انواعی از اکسیدها می‌باشند ( Brien *et al.*, 2001; Hyeon *et al.*, 2002; Mao *et al.*, 2003; Song *et al.*, 2004). خصوصیات فیزیکی نانو ذرات اساساً به ابعاد آن‌ها وابسته است. متأسفانه اکثر روش‌های شناخته شده سنتز، نانو ذراتی با توزیع‌های متنوعی در اندازه ابعادشان به‌دست می‌دهند. کنترل پارامترهای واکنش همانند دما، سرعت هم‌زدن، زمان افزودن و غلظت واکنش‌گرها و افزودنی‌های پایدار کننده همیشه موجب کم شدن این گستردگی‌ها در توزیع اندازه ابعاد ذرات نمی‌گردد. از این‌رو توسعه همزمان فرآیندهای سنتز نانو ذرات با توزیع محدود در ابعاد و تکنیک‌های جداسازی نانو ذرات به بخش‌های با پراکندگی محدود بسیار مورد توجه می‌باشد. این امر توسط رسوب‌دهی کنترل شده ذرات