



دانشکده شیمی

گروه شیمی تجزیه

رساله

برای دریافت درجه دکتری تخصصی (Ph.D) در رشته شیمی تجزیه

عنوان :

**توسعه روش های میکرواستخراج فاز مایع با استفاده از مایعات یونی برای جداسازی و پیش**

**تغلیظ برخی کاتیون های فلزی و اندازه گیری آنها با اسپکترومتری جذب اتمی**

استاد راهنما

دکتر جمشید منظوری لشکر

استاد مشاور

دکتر محمد امجدی

پژوهشگر

جعفر ابوالحسنی

اردیبهشت ماه ۸۹

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: بررسی منابع

- ۱- شیمی سبز..... ۲
- ۲- مایعات یونی..... ۳
- ۲-۱- تاریخچه مایعات یونی..... ۵
- ۲-۲- ترکیب شیمیایی مایعات یونی..... ۷
- ۲-۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ILS..... ۸
- ۲-۳-۱- پایداری حرارتی..... ۹
- ۲-۳-۲- ویسکوزیته..... ۹
- ۲-۳-۳- کشش سطحی..... ۱۰
- ۲-۳-۴- چگالی..... ۱۰
- ۲-۳-۵- ضریب شکست..... ۱۱
- ۳- استخراج و پیش تغلیظ کاتیون های فلزی با استفاده از مایعات یونی..... ۱۱
- ۳-۱- انواع لیگند های استخراج کننده..... ۱۲
- ۳-۱-۱- استخراج کننده های خثی..... ۱۲
- ۳-۱-۲- استخراج کننده های اسیدی یا آنیونی..... ۱۳

- ۳-۱-۳- استخراج کننده های عامل دار شده..... ۱۴
- ۳-۲- مکانیسم های استخراج کاتیون های فلزی به داخل مایعات یونی..... ۱۵
- ۳-۲-۱- مکانیسم توزیع..... ۱۵
- ۳-۲-۲- مکانیسم مبادله یون..... ۱۶
- ۳-۳- استخراج مایع - مایع کاتیون های فلزی با استفاده از مایعات یونی و اندازه گیری آنها با روش های اسپکتروسکوپی..... ۱۹
- ۳-۴- میکرو استخراج فاز مایع با استفاده از مایعات یونی در استخراج و پیش تغلیظ کاتیون های فلزی و اندازه گیری آن ها با روش های اسپکترومتری..... ۲۲
- ۳-۴-۱- میکرواستخراج با حلال پخش کننده..... ۲۳
- ۳-۴-۲- میکرواستخراج فاز مایع پخشی مایع یونی با کنترل دمایی..... ۲۵
- ۳-۴-۳- میکرواستخراج تجمعی تحریک شده سرمایشی..... ۲۶
- ۳-۴-۴- میکرو استخراج با تک قطره..... ۲۷
- ۳-۴-۵- میکرو استخراج فاز مایع بر پایه ی هالو فایبر..... ۳۰
- ۳-۴-۶- روشهای دیگر میکرو استخراج با مایعات یونی..... ۳۱
- ۳-۵- عناصر فلزی مورد مطالعه، اهمیت و روش های اندازه گیری آنها..... ۳۲
- ۳-۵-۱- منگنز..... ۳۲
- ۳-۵-۲- سرب..... ۳۳

- ۳-۵-۳- کبالت..... ۳۵
- ۳-۵-۴- نقره..... ۳۶
- ۳-۵-۵- نیکل..... ۳۷
- ۴- هدف کار پژوهشی حاضر..... ۳۹

### فصل دوم: مواد و روش ها

- ۲-۱- دستگاه ها..... ۴۱
- ۲-۲- شرایط دستگاهی..... ۴۲
- ۲-۳- محلول ها..... ۴۵
- ۲-۳-۱- محلول های مادر آنالیت ها..... ۴۵
- ۲-۳-۲- محلول مادر لیگندها..... ۴۶
- ۲-۳-۳- محلول های مورد نیاز برای تنظیم و تثبیت pH..... ۴۶
- ۲-۳-۴- سایر محلول ها..... ۴۷
- ۲-۴- روش های پیشنهادی برای اندازه گیری آنالیت ها..... ۴۷
- ۲-۴-۱- منگنز..... ۴۷
- ۲-۴-۲- سرب..... ۴۸
- ۲-۴-۳- کبالت و نقره..... ۵۰
- ۲-۴-۴- استخراج و پیش تغلیظ نیکل و سرب با استفاده از HF-LPME..... ۵۰

- ۵۱-۲-۵- آماده سازی نمونه‌های حقیقی.....۵۱
- ۵۱-۲-۵-۱- آب.....۵۱
- ۵۱-۲-۵-۲- آب استاندارد.....۵۱
- ۵۲-۳-۵- پودر شیر و بافت صدف.....۵۲

### فصل سوم: نتایج و بحث

- ۵۴-۳-۱- استخراج و پیش تغلیظ منگنز با روش میکرواستخراج با تک قطره با استفاده از مایع یونی.....۵۴
- ۵۴-۳-۱-۱- بهینه سازی پارامترهای دستگاهی موثر بر روی سیگنال جذبی منگنز.....۵۴
- ۵۴-۳-۱-۱-۱- بررسی اثر دما و زمان پیرولیز.....۵۴
- ۵۶-۳-۱-۱-۲- اثر دما و زمان اتمیزاسیون.....۵۶
- ۵۷-۳-۱-۲- بهینه سازی شرایط میکرو استخراج.....۵۷
- ۵۷-۳-۱-۲-۱- بررسی اثر pH.....۵۷
- ۵۹-۳-۲-۱-۲- بررسی اثر غلظت لیگند.....۵۹
- ۶۰-۳-۲-۱-۳- بررسی اثر حجم میکرو قطره.....۶۰
- ۶۱-۳-۲-۱-۴- اثر سرعت به هم زدن.....۶۱
- ۶۲-۳-۲-۱-۵- بررسی اثر زمان استخراج.....۶۲
- ۶۳-۳-۲-۱-۶- ویژگی های تجزیه ای روش.....۶۳
- ۶۵-۳-۲-۱-۷- مطالعه اثر یون های مزاحم.....۶۵

۳-۱-۲-۸- کاربرد روش میکرو استخراج توسعه یافته در اندازه گیری منگنز در نمونه های حقیقی....۶۶

۳-۲- استخراج و پیش تغلیظ سرب با روش میکرو استخراج با تک قطره ی بهبود یافته با استفاده از

مایع یونی.....۶۸

۳-۲-۱- بهینه سازی شرایط دستگاهی در اندازه گیری سرب.....۶۸

۳-۲-۲- بهینه سازی شرایط میکرو استخراج با تک قطره ی بهبود یافته.....۷۰

۳-۲-۲-۱- اثر pH

.....۷۰

۳-۲-۲-۲- اثر غلظت لیگند.....۷۱

۳-۲-۲-۳- اثر حجم میکروقطره.....۷۲

۳-۲-۲-۴- تاثیر سرعت به هم زدن.....۷۳

۳-۲-۲-۵- اثر زمان استخراج.....۷۵

۳-۲-۲-۶- ویژگی های تجزیه ای روش پیشنهادی.....۷۶

۳-۲-۲-۷- بررسی اثر یون های مزاحم.....۷۷

۳-۲-۲-۸- کاربرد روش پیشنهادی.....۷۸

۳-۳- استخراج و پیش تغلیظ کبالت و نقره با روش میکرواستخراج با تک قطره بهبود یافته.....۷۹

۳-۱-۳- بهینه سازی متغیرهای دستگاهی.....۸۰

۳-۲-۳- بهینه سازی شرایط میکرواستخراج.....۸۳

- ۳-۳-۲-۱- اثر pH..... ۸۳
- ۳-۳-۲-۲- تاثیر غلظت لیگند..... ۸۵
- ۳-۳-۲-۳- تاثیر حجم میکرو قطره در استخراج کاتیون های کبالت و نقره..... ۸۷
- ۳-۳-۲-۴- تاثیر سرعت به هم زدن..... ۸۸
- ۳-۳-۲-۵- مطالعه ی اثر زمان استخراج..... ۹۰
- ۳-۳-۲-۶- ویژگی های تجزیه ای روش پیشنهادی..... ۹۱
- ۳-۳-۲-۷- مطالعه اثر یون های مزاحم در استخراج کاتیون های کبالت و نقره..... ۹۳
- ۳-۳-۲-۸- کاربرد روش پیشنهادی در اندازه گیری کاتیون های کبالت و نقره در نمونه های آبی و بیولوژیکی..... ۹۵
- ۳-۴-۱- استخراج و پیش تغلیظ نیکل و سرب بر پایه میکرواستخراج فاز مایع با هالوفایبر، با استفاده از مایع یونی به عنوان حلال استخراج کننده..... ۹۸
- ۳-۴-۱- بهینه سازی شرایط دستگاهی..... ۹۹
- ۳-۴-۲- مطالعه شرایط میکرواستخراج فاز مایع بر پایه هالوفایبر..... ۱۰۲
- ۳-۴-۲-۱- انتخاب نوع مایع یونی..... ۱۰۳
- ۳-۴-۲-۲- اثر غلظت آمونیوم پیرولیدون دی تیوکاربامات..... ۱۰۴
- ۳-۴-۲-۳- بررسی اثر pH..... ۱۰۵
- ۳-۴-۲-۴- اثر زمان استخراج..... ۱۰۵

- ۱۰۶.....۳-۴-۲-۵- اثر سرعت هم زدن محلول نمونه.....
- ۱۰۷.....۳-۴-۲-۶- اثر حجم مایع یونی.....
- ۱۰۸.....۳-۴-۲-۷- ویژگی های تجزیه ای روش.....
- ۱۱۰.....۳-۴-۲-۸- مطالعه اثر یون های مزاحم.....
- ۱۱۲.....۳-۴-۲-۹- کاربرد روش ارائه شده در تجزیه نمونه های حقیقی.....
- ۱۱۴.....نتیجه گیری.....
- ۱۱۵.....پیشنهادات برای کارهای بعد.....
- ۱۱۶.....منابع.....



## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

### فصل اول: بررسی منابع

شکل ۱. نمودار های اندازه گیری نسبت استوکیومتری برای کاتیون های مورد بررسی ..... ۱۸

### فصل دوم: مواد و روش ها

شکل ۲. شمای کلی سیستم بکار رفته در میکرواستخراج با تک قطره بهبود یافته..... ۴۹

### فصل سوم: نتایج و بحث

شکل ۱-۳. منحنی پیرولیز در استخراج کاتیون منگنز به روش میکرواستخراج با تک قطره، شرایط محلول

آزمایشی..... ۵۶

شکل ۲-۳. نمودار دمای اتمیزاسیون..... ۵۷

شکل ۳-۳. نمودار اثر pH در پیش تغلیظ منگنز..... ۵۸

شکل ۴-۳. اثر غلظت TAN..... ۶۰

شکل ۵-۳. نمودار جذب بر حسب حجم میکرو قطره در میکرو استخراج منگنز..... ۶۱

شکل ۶-۳. تأثیر سرعت بهم زدن در سیگنال جذبی منگنز..... ۶۲

شکل ۷-۳. نمودار تأثیر زمان استخراج بر سیگنال جذبی..... ۶۳

شکل ۸-۳. نمودار معیارگیری برای اندازه گیری منگنز..... ۶۴

- شکل ۳-۹. اثر دمای پیرولیز..... ۷۰
- شکل ۳-۱۰. نمودار بررسی دمای اتمیزاسیون ..... ۷۰
- شکل ۳-۱۱. نمودار تأثیر pH در استخراج سرب..... ۷۱
- شکل ۳-۱۲. نمودار تأثیر APDC در استخراج و پیش تغلیظ سرب..... ۷۲
- شکل ۳-۱۳. اثر غلظت حجم میکرو قطره در اندازه گیری سرب..... ۷۴
- شکل ۳-۱۴. بررسی اثر سرعت بهم زدن بر کارآیی استخراج در اندازه گیری سرب..... ۷۵
- شکل ۳-۱۵. اثر زمان استخراج در اندازه گیری سرب به روش میکرو استخراج با میکروقطره بهبود یافته..... ۷۶
- شکل ۳-۱۶. اثر دمای پیرولیز در اندازه گیری کبالت..... ۸۱
- شکل ۳-۱۷. اثر دمای پیرولیز در اندازه گیری نقره..... ۸۲
- شکل ۳-۱۸. نمودار اثر دمای اتمیزاسیون در اندازه گیری کبالت..... ۸۳
- شکل ۳-۱۹. اثر دمای اتمیزاسیون در اندازه گیری نقره..... ۸۳
- شکل ۳-۲۰. نمودار اثر pH در اندازه گیری کبالت..... ۸۴
- شکل ۳-۲۱. اثر غلظت اسید سولفوریک در استخراج کمپلکس نقره با دی تیزون..... ۸۵
- شکل ۳-۲۲. نمودار اثر مقدار APDC در اندازه گیری کبالت..... ۸۶
- شکل ۳-۲۳. نمودار اثر غلظت دی تیزون در استخراج نقره..... ۸۶
- شکل ۳-۲۴. نمودار اثر حجم میکروقطره در اندازه گیری کبالت..... ۸۸

- شکل ۳-۲۵. نمودار بررسی اثر حجم میکروقطره در اندازه گیری نقره..... ۸۸
- شکل ۳-۲۶. اثر سرعت بهم زدن در استخراج کمپلکس کبالت..... ۹۰
- شکل ۳-۲۷. اثر سرعت بهم زدن در استخراج کمپلکس نقره..... ۹۰
- شکل ۳-۲۸. نمودار اثر زمان استخراج در اندازه گیری کبالت..... ۹۱
- شکل ۳-۲۹. اثر زمان استخراج در استخراج نقره..... ۹۱
- شکل ۳-۳۰. نمودار معیار گیری در اندازه گیری کبالت..... ۹۲
- شکل ۳-۳۱. نمودار معیار گیری در اندازه گیری نقره..... ۹۲
- شکل ۳-۳۲. اثر دمای پیرولیز در اندازه گیری نیکل..... ۱۰۱
- شکل ۳-۳۳. اثر دمای پیرولیز در اندازه گیری سرب..... ۱۰۲
- شکل ۳-۳۴. نمودار اثر دمای اتمیزاسیون در استخراج و پیش تغلیظ نیکل..... ۱۰۲
- شکل ۳-۳۵. نمودار اثر دمای اتمیزاسیون در استخراج و پیش تغلیظ سرب..... ۱۰۲
- شکل ۳-۳۶. اثر نوع مایع یونی در استخراج کاتیون های سرب و نیکل..... ۱۰۴
- شکل ۳-۳۷. نمودار اثر غلظت APDC..... ۱۰۵
- شکل ۳-۳۸. نمودار اثر زمان استخراج..... ۱۰۶
- شکل ۳-۳۹. نمودار اثر سرعت بهم زدن..... ۱۰۷
- شکل ۳-۴۰. نمودار اثر حجم مایع یونی..... ۱۰۸

## فهرست جداول

صفحه

عنوان

### فصل اول: بررسی منابع

- جدول ۱-۱. نتایج حاصل از استخراج کاتیون های فلزی با انواع مایعات یونی و لیگندهای خشتی..... ۱۳
- جدول ۱-۲. کاتیون های استخراج شده با لیگند های اسیدی و آنیونی..... ۱۴
- جدول ۱-۳. شرایط و روشهای پیش تغلیظ و اندازه گیری منگنز در نمونه های حقیقی مختلف..... ۳۳
- جدول ۱-۴. نمونه هایی از روشهای پیش تغلیظ و اندازه گیری سرب و شرایط استخراج آن..... ۳۴
- جدول ۱-۵. روش های پیش تغلیظ و اندازه گیری کبالت در نمونه های مختلف..... ۳۶
- جدول ۱-۶. شرایط استخراج و روش های اندازه گیری نیکل..... ۳۸

### فصل دوم: مواد و روشها

- جدول ۱-۲ شرایط دستگاهی به کار رفته برای اندازه گیری شدت جذب منگنز..... ۴۲
- جدول ۲-۲ شرایط دستگاهی به کار رفته برای اندازه گیری شدت جذب کبالت و نقره با دستگاه EAAS..... ۴۳
- جدول ۲-۳ شرایط دستگاهی به کار رفته برای اندازه گیری شدت جذب نیکل و سرب با دستگاه ETAAS..... ۴۴

جدول ۲-۴ شرایط دستگاهی به کار رفته برای اندازه‌گیری شدت جذب نقره..... ۶۵

### فصل سوم: نتایج و بحث

جدول ۳-۱. مقایسه ی روش پیشنهادی با سایر روشهای پیش تغلیظ و اندازه گیری با دستگاه ETAAS

..... ۶۴

جدول ۳-۲. حد مزاحمت برخی از یون‌های همراه در اندازه‌گیری منگنز..... ۶۶

جدول ۳-۳. اندازه گیری منگنز در نمونه های آبی با روش پیشنهادی..... ۶۷

جدول ۳-۴. ویژگی های تجزیه ای روش پیشنهادی برای اندازه گیری سرب..... ۶۸

جدول ۳-۵. مقایسه اعداد شایستگی روش پیشنهادی با سایر روش های پیش تغلیظ سرب..... ۶۹

جدول ۳-۶. حد مزاحمت برخی از یون‌های همراه در اندازه‌گیری سرب..... ۷۰

جدول ۳-۷. ویژگی های تجزیه ای روش میکرو استخراج با تک قطره ی بهبود یافته برای کبالت و

نقره..... ۹۳

جدول ۳-۸. حد مزاحمت برخی از یون های همراه در استخراج و پیش تغلیظ کبالت..... ۹۴

جدول ۳-۹. حد مزاحمت برخی از یون های همراه در اندازه گیری نقره..... ۹۴

جدول ۳-۱۰. نتایج حاصل از اندازه گیری کبالت در نمونه های مختلف آبی..... ۹۶

جدول ۳-۱۱. نتایج حاصل از اندازه گیری نقره در نمونه های مختلف آبی..... ۹۶

جدول ۳-۱۲. نتایج بدست آمده از اندازه گیری کاتیون های کبالت و نقره در نمونه های

استاندارد..... ۹۷

جدول ۳-۱۳. ویژگی های تجزیه ای روش میکرواستخراج با هالوفایبر در اندازه گیری نیکل و

سرب.....۱۰۹

جدول ۳-۱۴ مقایسه روش توسعه یافته با سایر روش های پیش تغلیظ در اندازه گیری کاتیون های مورد

بررسی.....۱۱۰

جدول ۳-۱۵. حد مزاحمت یون های همراه در اندازه گیری کاتیون های نیکل و سرب.....۱۱۱

جدول ۳-۱۶. نتایج حاصل از اندازه گیری کاتیون های نیکل و سرب در مواد استاندارد.....۱۱۲

جدول ۳-۱۷. نتایج حاصل از اندازه گیری فلزات نیکل و سرب در نمونه های آبی.....۱۱۳

نام خانوادگی دانشجو: ابوالحسنی

نام: جعفر

**عنوان پایاننامه:** توسعه روش های میکرواستخراج فاز مایع با استفاده از مایعات یونی برای جداسازی و پیش تغلیظ برخی کاتیون های فلزی و اندازه گیری آنها با اسپکترومتری جذب اتمی

استاد راهنما: آقای دکتر جمشید منظوری لشکر

استاد مشاور: آقای دکتر محمد امجدی

مقطع تحصیلی: دکتری

رشته: شیمی

گرایش: تجزیه

دانشگاه: تبریز

دانشکده: شیمی

تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۹/۲/۱۵

تعداد صفحه: ۱۳۲

**کلید واژه:** شیمی سبز، مایعات یونی، میکرو استخراج با تک قطره، هالو فایبر، تک قطره بهبود ،  
، دی تیزون APDC، TAN، AAS- ET، یافته،

چکیده

مایعات یونی بعنوان حلال های سازگار با محیط زیست در بخش های مختلف شیمی جایگزین حلال های آلی رایج شده اند. این ترکیبات که در محدوده وسیع دمایی بصورت مایع می باشند ترکیبی از کاتیون های آلی و آنیون های مختلف آلی و معدنی هستند. ترکیباتی که در دمای اتاق مایع بوده، مایعات یونی در دمای اتاق نامیده می شوند. از خصوصیات فیزیکوشیمیایی جالب توجه ترکیبات مذکور می توان به دارا بودن فشار بخار ناچیز، غیرقابل اشتعال بودن و قابلیت استخراج ترکیبات آلی و یون های فلزی اشاره نمود.

در بخش اول کار حاضر از مایع یونی ۱- بوتیل-۳- متیل ایمیدازولیوم هگزا فلورو فسفات بعنوان حلال استخراج کننده با روش میکرو استخراج با تک قطره در پیش تغلیظ و اندازه گیری منگنز بهره برداری شد همچنین از TAN بعنوان عامل کمپلکس کننده و از دستگاه جذب اتمی الکتروترمال برای اندازه گیری ها استفاده شده است. در شرایط بهینه آزمایشی، حد تشخیص روش  $0.024 \mu\text{g L}^{-1}$  و فاکتور بهبود برابر با  $30/3$  بدست آمد. همچنین انحراف استاندارد نسبی روش برای شش بار اندازه گیری  $5/5\%$  محاسبه شد.

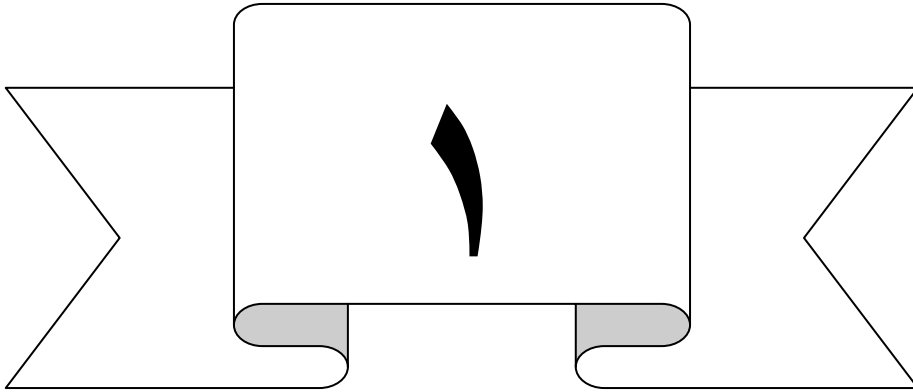
در بخش دوم سرب با بکار گیری روش میکرو استخراج با تک قطره بهبود یافته پیش تغلیظ و با دستگاه جذب اتمی الکتروترمال اندازه گیری شد. کمپلکس سرب با آمونیوم پیرولیدون دی تیو کربامات به داخل هفت میکرولیتر از مایع یونی استخراج گردید پس از بهینه سازی شرایط آزمایش فاکتور بهبود و حد تشخیص روش به ترتیب  $76$  و  $0.015 \mu\text{g L}^{-1}$  بدست آمدند. انحراف استاندارد نسبی روش  $5/2\%$  بدست آمد. صحت روش توسعه یافته با تجزیه مواد استاندارد بررسی و همچنین روش با موفقیت برای اندازه گیری سرب در نمونه های مختلف آب به کار برده شد.

بخش سوم استفاده از روش میکرواستخراج بهبود یافته در اندازه گیری کبالت و نقره در نمونه های بیولوژیکی را شامل می

شود. میکرو قطره ۱- هگزیل - ۳- بوتیل ایمیدازولیوم هگزا فلوروفسفات بعنوان حلال استخراج کننده استفاده شد. پارامترهایی از قبیل، دماهای اتمیزاسیون و پیرولیز، pH، زمان استخراج، اندازه قطره و همچنین سرعت بهم زدن بررسی شدند. روش توسعه یافته با موفقیت برای اندازه گیری کاتیون های مورد مطالعه در نمونه های مختلف آبی به کار برده شدند.

در قسمت آخر کار حاضر یک روش ساده و موثر بر اساس میکرواستخراج بر پایه هالو فایبر با استفاده از مایع یونی ۱- هگزیل - ۳- بوتیل ایمیدازولیوم هگزا فلوروفسفات در اندازه گیری کاتیون های سرب و نیکل در نمونه های بیولوژیکی با دستگاه جذب اتمی الکتروترمال توسعه یافت. از آمونیوم پیرولیدون دی تیو کربامات بعنوان عامل کمپلکس کننده بهره برداری شد. پارامترهایی که در بازده استخراج و سیگنال جذبی موثر می باشند از جمله، pH، غلظت عامل کمپلکس کننده، زمان استخراج، مقدار مایع یونی سرعت بهم زدن، دماهای اتمیزاسیون و پیرولیز مورد مطالعه قرار گرفتند. پس از بهینه سازی شرایط آزمایش، حد تشخیص روش به ترتیب ۰/۰۳ و  $0.02 \mu\text{g L}^{-1}$  برای کاتیون های نیکل و سرب حاصل شدند همچنین انحراف استاندارد نسبی روش برای نیکل و سرب به ترتیب ۴/۲٪ و ۵٪ محاسبه شد. با استفاده از روش مذکور نیکل و سرب در نمونه های استاندارد آبی و بیولوژیکی استخراج و اندازه گیری شدند.





# بررسی منابع

## ۱- شیمی سبز<sup>۱</sup>

روش های اندازه گیری در شیمی تجزیه از دو جنبه مورد ارزیابی قرار می گیرند اولاً پارامتر های تجزیه ای از قبیل صحت، دقت، حساسیت، تکرار پذیری، سادگی، ارزانی، انعطاف پذیری و سرعت روش و ثانیاً ایمنی آزمایشگر و اثرات زیست محیطی مواد و واکنشگر های به کار رفته در شیمی تجزیه، که جنبه دوم تا به حال کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

از دیدگاه شیمی سبز، چنانچه بتوان مرحله پیش تیمار را بدون استفاده از حلال انجام داد، بهترین وضعیت موجود حاصل می شود، ولی در اکثر مواقع تحقق این امر دشوار به نظر می رسد. استفاده از حلال های آلی در روش های پیش تیمار نمونه ضایعات فراوانی به جا گذاشته و پسماند های باقی مانده مشکلات زیست محیطی فراوانی به بار می آورد. کاهش و یا حذف این ضایعات، امروزه به مشکلی اساسی برای صنایع، مراکز دانشگاهی، سازمان های دولتی متولی حفظ محیط زیست و جوامع تبدیل گشته است. روشن است که اگر موفقیت اقتصادی و توسعه صنایع و تحقیقات با ملاحظات جدی مرتبط با مسائل زیست - محیطی سازگار نگردد، مخاطرات فراوانی را در زمینه توسعه پایدار جوامع به دنبال خواهد داشت. بکارگیری فرایندهای جدید در آزمایشگاه ها می تواند از ایجاد آلاینده ها جلوگیری کند.

استفاده از حلال های سمی و آتش گیر از مهم ترین مسائل مخاطره آمیز در فرایندهای شیمیایی است. در ضمن ورود این حلال ها به محیط زیست باعث ایجاد آلاینده های مضر می شود و طبیعتاً

<sup>۱</sup> Green chemistry

هزینه های هنگفتی صرف کنترل آنها خواهد شد. به طور کلی مشکلات ناشی از جداسازی حلال ها از محصولات، بازیافت کامل این حلال ها و مخاطرات زیست محیطی از جمله عواملی بودند که توجه محققان را به سمت استفاده از حلال های سبز معطوف کرده اند. در علم شیمی انقلابی سبز در حال شکل گیری است که نه تنها پایداری محیط و سود بخشی را به ارمغان می آورد بلکه از خطرات فاجعه های صنعتی نیز می کاهد. بی گمان هر اندازه که بتوانیم از بکارگیری مواد شیمیایی در زندگی خود پرهیز کنیم یا از رها شدن این گونه مواد در طبیعت جلوگیری کنیم، به سلامت خود و محیط زیست کمک کرده ایم. اما به نظر می رسد که راهکارهای پیش گیرانه ای که تا کنون ارائه شده کارآمدی چشم گیری از خود نشان نداده اند و باید به راه های کارآمدتری بماندیشیم که دگرگونی در شیوه ی ساختن مواد شیمیایی در راستای کاهش آسیب های آنها به آدمی و محیط زیست یکی از این راهها است. امروزه ، از این رویکرد نوین با عنوان شیمی سبز یاد می شود که عبارت است از : طراحی فرآورده ها و فرایندهای شیمیایی که بکارگیری و تولید مواد آسیب رسان به سلامت آدمی و محیط زیست را کاهش می دهند یا از بین می برند . استفاده از شیمی سبز بطور کلی با کاستن مخارج همراه است که کاهش یا حذف کلی مخارج از بین بردن پسماندهای شیمی جزئی از آن است و نیز پیامدها و اثرات منفی زیست محیطی را به حداقل میرساند این دو عامل، رقابت پذیری بیشتری برای شرکتها ایجاد می نماید. شیمی سبز کره زمین را پاک تر، ایمن تر و بهره ورتر می نماید[۱-۳].

## ۲- مایعات یونی<sup>۱</sup> (ILs)

<sup>۱</sup>Ionic Liquids

استفاده از حلال های متداول مانند هالوکربن ها و ترکیبات آلی فرار ، در سال های گذشته مسائل زیست محیطی فراوانی به بار آورده است و امروزه مصرف آنها به شدت تحت قوانین نظارتی قرار گرفته است. در بعد صنعتی و هم در مقیاس تحقیقات دانشگاهی ، توسعه حلال ها و محیط های استخراج کننده که خصوصیات مورد نظر در شیمی سبز را داشته باشند ، به شدت مورد توجه قرار گرفته است. افزون بر آب و دی اکسید کربن به عنوان حلالهای سبز ، دسته جدیدی از ترکیبات شیمیایی با عنوان مایعات یونی با خواص و ویژگی های فوق العاده قادر به ایجاد محیطهای شیمیایی سبز به منظور اجرای فرایندهای شیمیایی هستند. خصوصیات بی نظیر مایعات یونی از قبیل غیر قابل اشتعال بودن، دارا بودن فشار بخار ناچیز، سمیت نسبتا پایین و از همه مهمتر قابل بازیابی بودن در مقایسه با حلالهای آلی سمی، فرار و آتش گیر، جایگاه این ترکیبات را در شیمی سبز بی نظیر جلوه داده است. به طور کلی اصطلاح مایعات یونی به گروه جدیدی از نمکها اطلاق می شود که نقاط ذوب آنها کمتر از نقطه جوش آب می باشد. اکثر این ترکیبات در دمای اتاق به حالت مایع بوده و از ذرات یونی تشکیل یافته اند. این ترکیبات عموما شامل یک کاتیون حجیم آلی و یک آنیون آلی یا معدنی هستند. در کل کاتیون موجود در این ترکیبات از درجه تقارن کمتری برخوردار است که منجر به کاهش انرژی شبکه و در نتیجه دمای ذوب پائین تر مایعات یونی می شود. این کیفیت یک محیط قطبی بسیار قوی را ایجاد می کند که نتیجه ی آن معرفی مجموعه ی جدیدی از حلالهای سبز برای اجرای گروه بزرگی از فرآیندهای شیمیایی است. در مقایسه با نمک های مذاب که عمدتاً در دماهای بالا ذوب می شوند، مایعات یونی همانطوریکه از اسمشان پیداست نمک هایی هستند که در دماهای پایین به شکل مایع می باشند. بدیهی است که ریشه مایعات یونی به " نمکهای مذاب با دمای بالا"