

## بررسی سینتیک واکنش فنول با ۴-آمینو آنتی پیرن بر اساس استاندارد ۵۵۳۰ APHA به روش اسپکتروفتومتری برای اندازه گیری فنل در آب دریا با میکرو استخراج مایع-مایع پخشی

محمود نصیری<sup>۱\*</sup>، میر مهدی زاهدی<sup>۲</sup>، مهدی یوسف زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، گروه

شیمی، [mdnassiri@yahoo.com](mailto:mdnassiri@yahoo.com)

۲- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، دانشکده علوم دریایی، گروه شیمی، [M.Zahedi@cmu.ac.ir](mailto:M.Zahedi@cmu.ac.ir)

۳- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار

### چکیده

در این مقاله هدف، بررسی یک روش سینتیکی آسان و سریع برای اندازه گیری فنول در آب دریا به روش میکرو استخراج مایع-مایع پخشی می باشد. فنول از مهم ترین آلاینده های محیط زیست است که، در صنایع متعددی تولید شده و کاربرد دارد، به همین دلیل از طرف سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و اتحادیه اروپا (EU) به عنوان آلاینده نوع اول در نظر گرفته شد. در شیمی روش ساده، سریع، ارزان قیمت و استفاده کم از مواد شیمیایی برای اندازه گیری آلاینده های محیط زیست بسیار مهم است. به همین خاطر، بررسی سینتیکی واکنش مشتق سازی فنول با معرف ۴-آمینو آنتی پیرن به روش میکرو استخراج مایع-مایع پخشی انجام شد. سرعت واکنش با دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۵۱۰ نانومتر اندازه گیری شد. این روش سینتیکی برای اولین بار جهت اندازه گیری فنول در آب دریا استفاده شد، مقادیر LOD و محدوده ی خطی به ترتیب برابر  $0.3 \mu\text{g/L}$  و  $10-500 \mu\text{g/L}$  بدست آمدند.

**کلیدواژه:** مطالعه سینتیکی فنول ، ۴-آمینو آنتی پیرن، میکرو استخراج مایع-مایع پخشی، اسپکترو فتومتر، آب دریا

---

\* Corresponding author  
 E-mail address: [mdnassiri@yahoo.com](mailto:mdnassiri@yahoo.com)

## مقدمه

ترکیبات فنولی از مهم ترین آلاینده های محیط زیست هستند که در صنایع متعددی مانند پالایشگاه های نفت، پتروشیمی، معادن و بسیاری از فرآیندهای صنعتی دیگر تولید و برای تهیه مواد دارویی، رنگ ها، مواد منفجره، سفید کننده ها و ضد عفونی کننده ها به کار می روند. از سوی دیگر، این ترکیبات می توانند توسط فرآیندهای طبیعی تولید شوند که در نتیجه این فرآیندها، فنول و مشتقات آن در خاک، رسوبات و به دنبال آن در آب یافت می شوند. با توجه به اهمیتی که مشتقات فنول روی سلامت انسان از جمله ایجاد سرطان، مسمومیت، محرک بینی، گلو، ریه ها، در غلظت های بالا خونریزی داخلی، استفراغ، اسهال، کاهش فشار خون، شوک، غش کردن، کما و مرگ دارند، استانداردهای سختگیرانه ای برای نگهداری، حمل و نقل و دفع آنها وضع شده است.

فنول های کلردار هنگام کلرزدن آب آشامیدنی تولید می شوند. نیترو فنول ها از آگروزهای وسایل نقلیه موتوری براساس واکنش های فتوشیمیایی در اتمسفر تشکیل می شوند. فنول در اکوسیستم های آبی تجمع بیولوژیکی ندارد ولی در اثر واکنش به مشتقات مختلف خود تبدیل می شود. این ترکیبات برای آبریان مختلف و ارگانسیم های دریایی سمیت و اثرات زیان بار دارند و براساس نوع گونه و شدت آلودگی محیط، موجودات آبی، قدرت مقاومت متفاوتی از خود نشان می دهند. اتحادیه اروپا راهنمای **2455/2001/EC** برای تعدادی از ترکیبات فنولی حداکثر غلظت در آب آشامیدنی را ۰/۵ میکروگرم بر لیتر و غلظت برای فنول تنها نباید از ۰/۱ میکرو گرم بر لیتر تجاوز کند.

فنول ها، و به ویژه کلرو فنول ها بسیار سمی و به طور بالقوه سرطان زا هستند و آنها می توانند طعم و مزه آب آشامیدنی را با غلظتی کمتر از یک میکروگرم بر لیتر ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) تحت تاثیر قرار دهند. به عنوان یک نتیجه، هر دو، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا<sup>۱</sup> (EPA) و اتحادیه اروپا<sup>۲</sup> (EU) در لیست خود بسیاری از این فنول ها، عمدتاً کلرو فنول ها و نیترو فنول ها را به عنوان آلاینده های نوع اول طبقه بندی کرده اند. ساختارهای یازده فنول که توسط سازمان حفاظت محیط زیست به عنوان آلاینده نوع اول معرفی شده اند، در شکل ۱ نشان داده شده است.

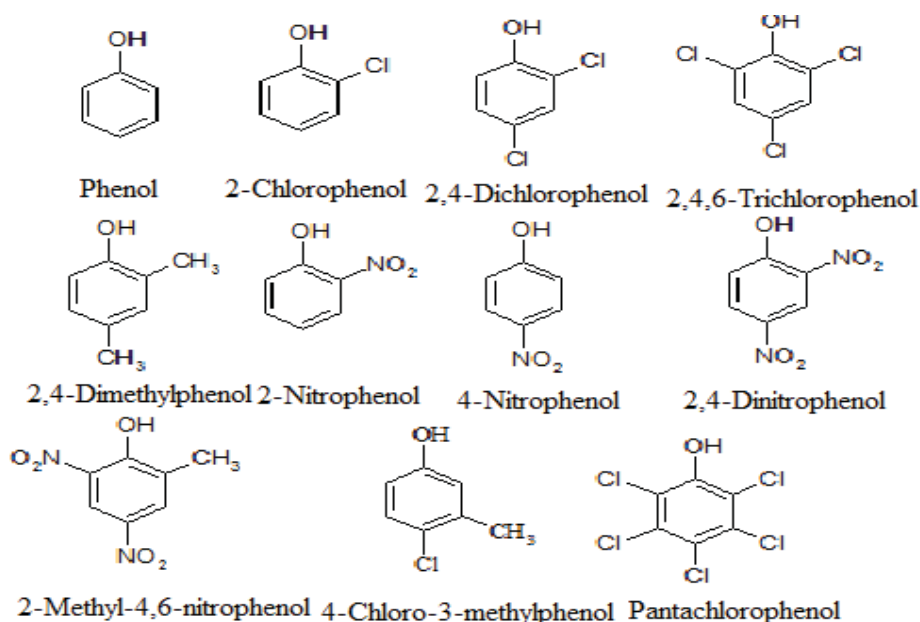
بطور متداول تکنیک های تجزیه ای مورد استفاده برای تعیین فنول ها اسپکتروفتومتری (UV-vis)، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) و الکتروفورز موئینگی (CE) در ترکیب با آشکارساز اشعه ی ماوراء بنفش (UV)، آشکارساز الکترو شیمیایی یا با آشکارساز طیف سنج جرمی (MS) می باشد. از طرفی،

<sup>۱</sup>The US Environmental Protection Agency (EPA)

<sup>۲</sup>The European Union (EU)

فنول ها در روش کروماتوگرافی گازی با استفاده از چندین نوع آشکارساز مانند آشکار ساز یونیزاسیون شعله (FID)، آشکار ساز ربایش الکترون (ECD) یا آشکار ساز طیف سنج جرمی (MS) مورد ارزیابی کمی و کیفی قرار گرفته‌اند. در بعضی موارد در کروماتوگرافی برای حصول به داده های کمی و کیفی مناسب به یک مرحله مشتق سازی نیاز است.

در این کار، هدف بررسی یک روش سنتیکی آسان و سریع واکنش فنول با ۴-آمینو آنتی پیرن برای تعیین و اندازه گیری غلظت فنول در محیط های آبی با استفاده از اسپکترو فتومتر است. روش اسپکترو فتومتری، روشی ساده و ارزان قیمت برای اندازه گیری کمی آلودگی ها بخصوص در کشورهای حوزه خلیج فارس که امکان استفاده از دستگاه پیشرفته و گران قیمت کروماتو گرافی کم است، حائز اهمیت فراوان می باشد. در این روش تغییرات pH، حجم معرف مشتق ساز ۴-آمینو آنتی پیرن، زمان واکنش و مقدار اکسیدانت مصرفی برای واکنش بهینه و مطالعه شدند.



شکل ۱- یازده فنولی که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا به عنوان آلاینده نوع اول معرفی شده اند.

## بخش تجربی

### مواد مورد استفاده

مواد و معرف های مورد نیاز در این آزمایش همگی با درجه خلوص بالا و از شرکت های مرک و فلوکا تهیه شده‌اند. فنول ها به صورت خالص و جامد از شرکت مرک خریداری شدند. محلول های استاندارد از فنول و بطور جداگانه از حل کردن ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر معرف جامد آنها در آب دو بار تقطیر تهیه شدند. تمامی محلول های استاندارد مورد استفاده از رقیق کردن محلول اولیه بدست آمدند. محلول

استاندارد معرف مشتق ساز ۴-آمینو آنتی پیرن، اکسیدانت‌های پتاسیم پراوکسو دی سولفات و پتاسیم فریسیانید به ترتیب به صورت ۱، ۱/۵ و ۴ درصد وزنی-حجمی آماده شدند. از سدیم هیدروکسید غلیظ و هیدروکلریک اسید غلیظ برای تغییر pH و از بافرهای فسفات-آمونیاک برای تنظیم و تثبیت pH استفاده شد.

### دستگاه‌های مورد استفاده

از یک دستگاه اسپکترو فتومتر UV2100 PC یونیکو مدل s2100 uv برای اندازه‌گیری جذب فنول در طول موج ۵۱۰ نانومتر بر حسب زمان، از یک کووت ۵ میلی لیتری با فاصله نوری ۱ سانتی متر برای خواندن جذب و واکنش دادن فنول، یک ترازو ADAM مدل pw 254 با دقت اندازه‌گیری ۰/۱ میلی گرم، برای وزن کردن مواد شیمیایی لازم و یک pH متر TPS مدل wp-80 برای تغییرات pH استفاده شد.

### نمونه برداری و آماده سازی نمونه

به منظور اندازه‌گیری فنول در آب‌های خلیج چابهار هشت ایستگاه برای نمونه برداری انتخاب شدند. همان طوری که در عکس ماهواره ای آن در شکل ۲ مشاهده می‌کنید هشت ایستگاه به ترتیب شماره ۱ (N 25° 18 28 , E 60° 36 00)، شماره ۲ یا ساحل دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی (N 25° 18 54 , E 60° 37 26)، ایستگاه ۳ یا اسکله ی شهید کلانتری با مختصات جغرافیایی (N 25° 18 54 , E 60° 36 47)، ایستگاه شماره ۴ یا اسکله ماهی گیری تیس (N 25° 35 58 , E 60° 59 99)، ایستگاه شماره ۵ یا پلاژ ساحلی تیس (N 25° 36 63 , E 60° 60 77)، ایستگاه شماره ۶ یا آب شیرین کن کنارک- چابهار (N 25° 43 45 , E 60° 48 93)، ایستگاه شماره ۷ یا اسکله نیروی هوایی (N 25° 41 25 , E 60° 38 38) و ایستگاه شماره ۸ یا بندر کنارک (N 25° 36 50 , E 60° 48 93) نشان داده شده‌اند. این ایستگاه‌ها از آب‌های ساحلی و سطحی خلیج چابهار هستند و نمونه برداری با فاصله تقریباً ۱۰۰ متر از ساحل و از عمق ۲۵ سانتی متری در ظروف شیشه‌ای انجام شد. سپس در مدت ۲ ساعت به آزمایشگاه انتقال داده شده و با فیلتری با قطر ۱۲۵ میلی متری واتمن فیلتر شدند. نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگه داری شده و بعد از ۴۸ ساعت مورد آنالیز و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.



شکل ۲- عکس ماهواره ای خلیج چابهار و ایستگاه های نمونه برداری

### روش کار

ابتدا روش انجام آزمایش به وسیله آب مصنوعی دریا بهینه سازی شد، بعد ۴ میلی لیتر از نمونه آب دریا با اضافه کردن مقدار مناسبی از بافر فسفات، pH آن در حدود ۹/۵ تنظیم و تثبیت گردید. سپس مقدار ۵۰ میکرو لیتر از محلول ۱ درصد وزنی-حجمی ۴-آمینو آنتی پیرن به لوله آزمایش حاوی آنالیت (نمونه محلول آب دریا) اضافه شده و بعد از خوب هم خوردن، به سل دستگاه اسپکترو فتومتر برای رسم منحنی جذب بر حسب زمان انتقال داده شد. پس از آن مقدار ۵۰ میکرو لیتر از محلول ۱/۵ درصد وزنی-حجمی پتاسیم پراوکسو دی سولفات به عنوان اکسیدانت در داخل دستگاه به سل حاوی محلول اضافه شده و بلافاصله دستگاه ران شده تا نمودار جذب بر حسب زمان در طول موج ۵۱۰ نانومتر برای مراحل بعدی تجزیه رسم شود.

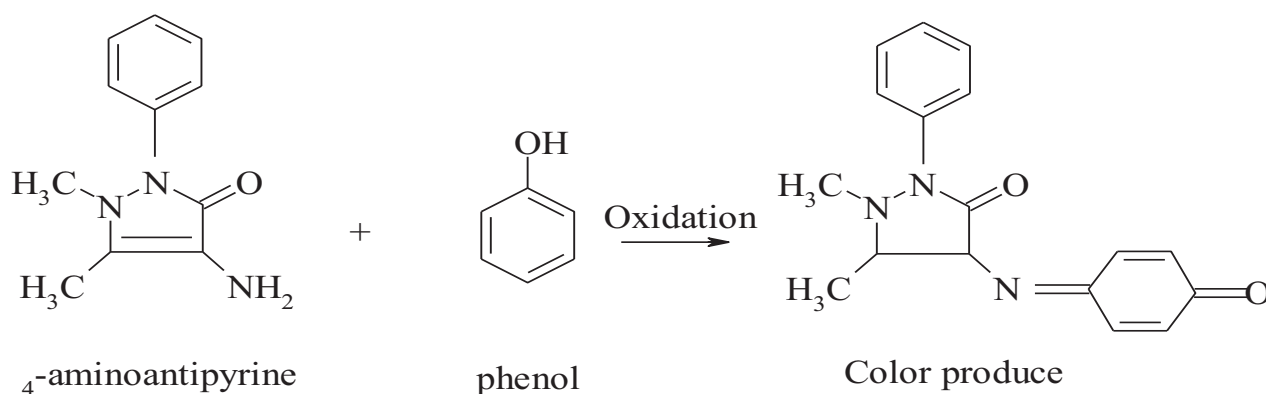
### تهیه آب مصنوعی دریا

آب مصنوعی دریا از حل کردن مقدار مشخصی از نمک های زیر در یک لیتر آب دو بار تقطیر تهیه شد: مقادیر ۲۳/۵۰۰ گرم از سدیم کلرید (NaCl)، ۱۰/۷۸۰ گرم از منیزیم کلرید ۶ آبه (MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O)، ۱/۴۷۰ گرم از کلسیم کلرید ۲ آبه (CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O)، ۲۰۰ میلی گرم از سدیم بی کربنات (NaHCO<sub>3</sub>)، ۱۰۰ میلی گرم از پتاسیم برمید (KBr)، ۳۰ میلی گرم از بوریک اسید (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)، ۲۰ میلی گرم از استرانسیم کلرید ۱ آبه (SrCl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O)، ۲ میلی گرم از سیلیکات سدیم ۹ آبه (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O)، ۳ میلی گرم از سدیم فلوراید (NaF) و ۳ میلی گرم پتاسیم کلرید (KCl). بعد از عمل انحلال، دریک بالونزوزه یک لیتری به حجم رسیده و در دمای ۲۵-۲۰ °C نگهداری شد. برای

اطمینان بیشتر و جلوگیری از رشد موجودات آبی مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها این محلول بصورت هفتگی تهیه می‌شد.

### نتیجه و بحث

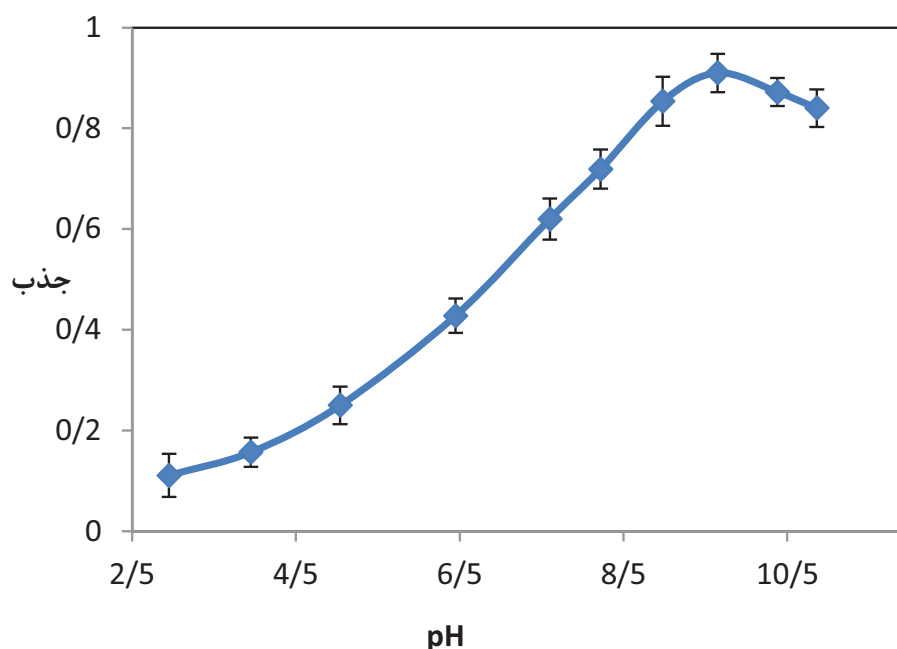
روش سنتیکی، روشی ساده، سریع، ارزان، حساس و انتخاب پذیر برای اندازه گیری آلاینده ها در محیط زیست می باشد. از طرفی این روش برای اولین بار در بررسی سرعت واکنش مشتق سازی فنل با ۴-آمینو آنتی پیرن و همچنین اولین بار از سنتیک این واکنش برای اندازه گیری فنول در آب دریا استفاده شد. در این آزمایش همه پارامترهای موثر بر سرعت واکنش مشتق سازی فنول از قبیل pH موثر بر واکنش مشتق سازی، غلظت معرف ۴-آمینو آنتی پیرن، اکسیدانت، نسبت معرف به اکسیدانت و زمان واکنش برای اندازه گیری فنول مورد مطالعه قرار گرفت. در روش استاندارد ۵۵۳۰ APHA در واکنش مشتق سازی از اکسیدانت‌هگزاسیانو فرات (III) استفاده شد.



شکل ۳ - واکنش کلی فنل با ۴-آمینوآنتی پیرن در روش استاندارد 5530APHA

### اثر pH بر واکنش مشتق سازی

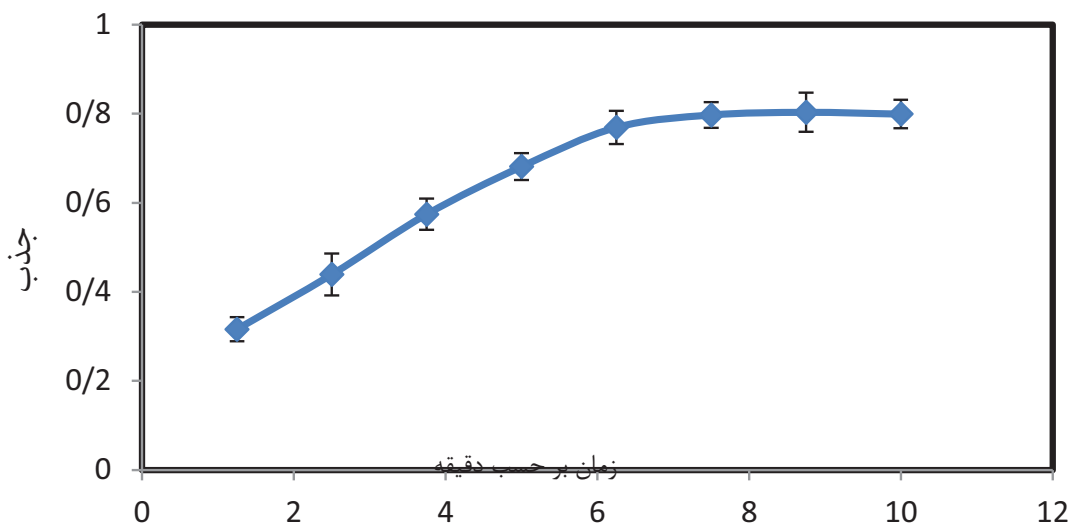
در این آزمایش pH نقش بسیار مهمی در پیشرفت و کامل شدن واکنش دارد و یکی از عوامل مهم جهت افزایش بازده در انجام واکنش و در نتیجه مقدار غلظت می باشد. در این کار برای تغییرات pH از هیدروکلریک اسید و سدیم هیدروکسید غلیظ و همچنین برای تثبیت آن در pH مورد نظر از بافرهای فسفات استفاده شد. به طوری که بهترین مشتق سازی در pH بازی صورت گرفته و در محدوده خطی ۱۰-۹ قرار دارد که نتایج به دست آمده در شکل ۴ بیانگر این مطلب است و بیشترین جذب نیز در این محدوده می باشد. البته pH بازی باعث تسریع و انجام واکنش مشتق سازی در این آزمایش می شود.



شکل ۴- مطالعه تاثیر pH های مختلف در میکرو استخراج مایع-مایعپخشی برای استخراج فنول

#### مطالعه زمان واکنش مشتق سازی

بررسی اثر زمان به منظور کامل شدن واکنش مشتق سازی فنول و بهینه سازی مدت زمان واکنش برای افزایش بازده واکنش ضروری است. برای این کار محدوده زمانی ۲۰ - ۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که در شکل ۵ نشان داده شد، با افزایش زمان پیشرفت واکنش بیشتر و به سمت کامل شدن پیش می رود و در مدت زمان ۹-۷/۵ دقیقه واکنش کامل می شود. طبق نمودار بعد از ۹ دقیقه منحنی حالت خطی پیدا کرده و هیچ گونه تغییرات قابل توجهی در جذب مشاهده نگردید. بنابراین مدت زمان ۹ دقیقه برای بررسی های بعدی انتخاب شد.

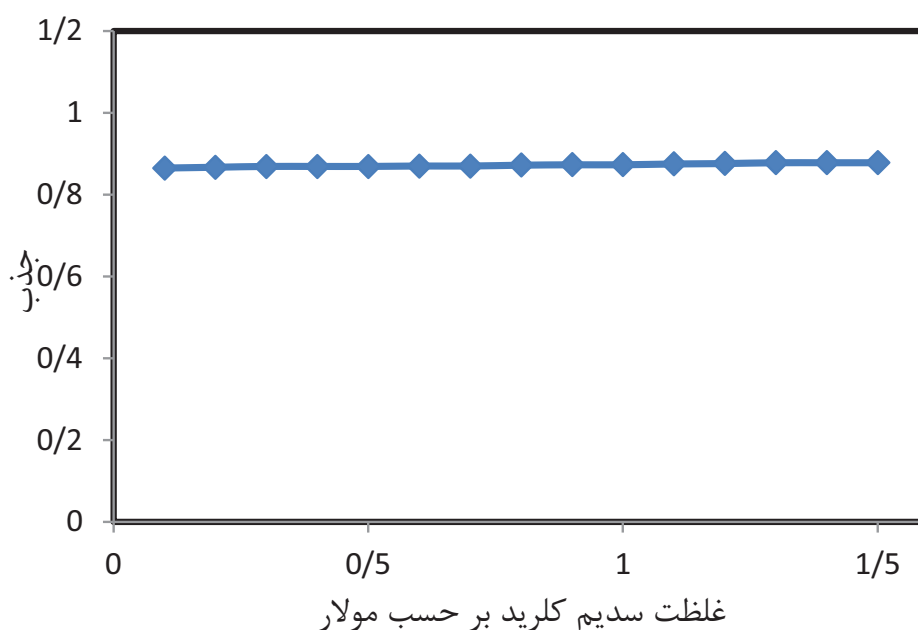


شکل ۵- نمودار زمان واکنش مشتق سازی فنل با ۴-آمینو آنتی پیرن در حضور پتاسیم پراوکسو دی سولفات در دمای  $^{\circ}\text{C}$  و  $\text{pH} = 9$

#### مطالعه اثر یونی بر روی مقدار استخراج و واکنش مشتق سازی

بررسی و مطالعه اثر یونی بر روی واکنش مشتق سازی فنل و بازده میکرو استخراج مایع-مایع پخشی با استفاده از نمک سدیم کلرید (NaCl) انجام شد. برای این کار محلول های استاندارد با غلظت های معین از نمک سدیم کلرید ساخته شد و غلظت های متفاوتی از محلول سدیم کلرید در گستره غلظتی (۱/۵-۰ مولار با رقیق سازی محلول های استاندارد برای بررسی اثر یونی روی درصد استخراج و جداسازی تهیه و بررسی شد. نتایج نشان می دهد با اضافه کردن غلظت های مختلفی از سدیم کلرید هیچ گونه افزایش یا تغییر قابل توجهی در مقدار جذب و در نهایت درصد استخراج ندارد و نتایج حاصل از بررسی اثر یونی با استفاده از سدیم کلرید در شکل ۶ نشان داده شد. این نتایج را می توان با استفاده از ماتریکس پیچیده و با قطبیت زیاد آب مصنوعی شبیه سازی شده یا آب دریا توجیه کرد که دارای درصد بالایی از نمک های مختلف مخصوصا سدیم کلرید می باشد.

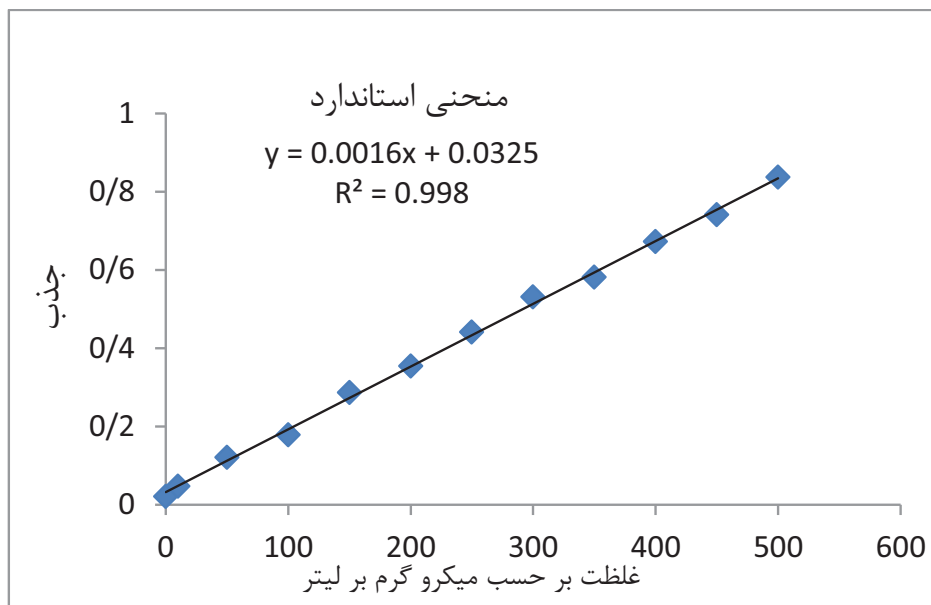




شکل ۶- نمودار تاثیر سدیم کلرید بر میکرو استخراج مایع- مایع پخشی فنل در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  و در  $\text{pH} = 9$

#### رسم منحنی کالیبراسیون با استفاده از غلظت های استاندارد

برای تعیین جذب نمونه های مجهول و تعیین غلظت نمونه های مجهول از نمودار کالیبراسیون استفاده می شود. به همین خاطر برای رسم منحنی استاندارد، محلول هایی با غلظت های مختلف فنل که از رقیق سازی محلول استاندارد اولیه تهیه شدند، مورد استفاده قرار گرفتند. لذا منحنی استاندارد با بکار گیری تمام شرایط و اصول بهینه سازی شده در آب مصنوعی دریا از قبیل  $\text{pH}$  و زمان واکنش رسم گردید که در شکل ۷ نشان داده شد. رسم منحنی کالیبراسیون برای تعیین غلظت نمونه های مجهول باعث کاهش انواع خطاها نظیر خطای دستگاه می شود.

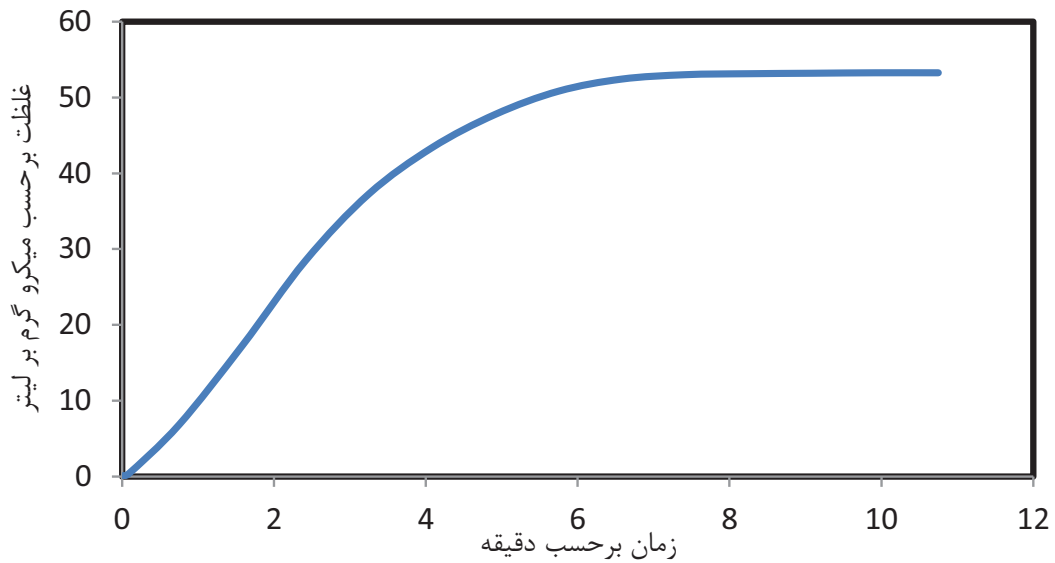


شکل ۷- نمودار کالیبراسیون رسم شده از غلظت های متفاوت فنل در گستره غلظتی ۱۰-۵۰۰ میکرو گرم بر لیتر در شرایط آزمایشگاهی (pH = ۹, در دمای محیط ۲۵°C و زمان ۹ دقیقه)

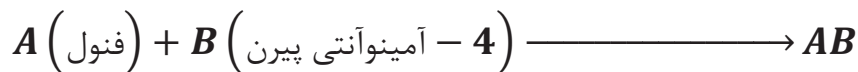
#### بررسی سینتیک واکنش مشتق سازی فنل با ۴-آمینو آنتی پیرن در حضور اکسیدانت

برای بررسی سینتیک واکنش مشتق سازی فنل با ۴-آمینو آنتی پیرن از برنامه سینتیک<sup>۱</sup> در اسپکترو فتومتر استفاده شد، که بر اساس منحنی کالیبراسیون رسم شده در شکل ۸ نمودار جذب بر حسب زمان به دست آمد. برای به دست آوردن سرعت واکنش و ثابت سرعت از روی نمودار جذب بر حسب زمان، از غلظت لحظه ای تولید محصول نسبت به زمان استفاده شد و نمودار غلظت بر حسب زمان همان طوری که در شکل ۸ مشاهده می کنید رسم گردید. با توجه به واکنش، معادلات مربوط به سرعت واکنش و ثابت سرعت به دست می آیند.

<sup>۱</sup>kinetic



شکل ۸ - نمودار تغییرات غلظت تولید محصول در زمان های مختلف



$$\text{سرعت واکنش} = \frac{\Delta(AB)}{\Delta t} = -k(AB) \quad (۱)$$

که با تغییر آرایش معادله، داریم:

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{\Delta[AB]}{[AB]} = -k\Delta t \quad (۲)$$

که فرم دیفرانسیلی آن، چنین است:

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{d[AB]}{[AB]} = -kdt \quad (۳)$$

با گرفتن انتگرال از معادله (۳) بین  $t=0$  و  $t=X$  و بین  $X_0$  و  $X$  خواهیم داشت:

$$\int_{X_0}^X \frac{d[AB]}{[AB]} = -k \int_0^t dt \quad (۴)$$

با ساده تر کردن این معادله داریم:

$$\text{Ln}[AB] - \text{Ln}[AB]_0 = -k_t \quad (۵)$$

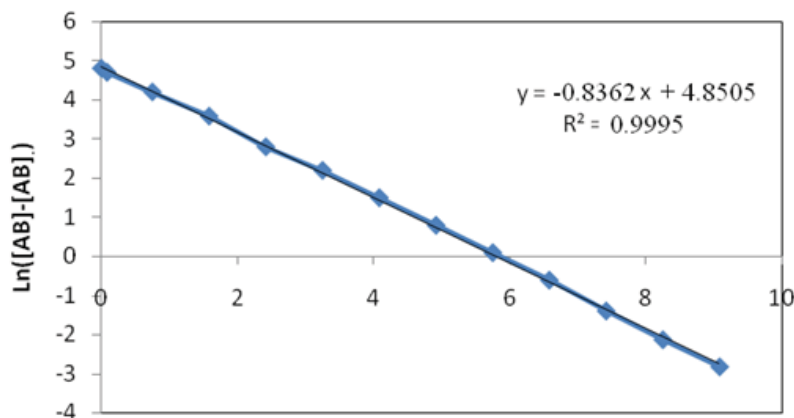
که با جا به جایی متغیرها می توان به معادله ی خط راست رسید:

$$\text{Ln}[AB] = -kt + \text{Ln}[AB]_0 \quad (۶)$$

معادله (۶)، فرم کلی یک معادله خط راست:

$$y = mx + b$$

با  $\text{Ln}[AB] = y$ ،  $t = x$ ،  $-k = m$  و  $\text{Ln}[AB]_0 = b$  است. در نتیجه اگر  $\text{Ln}[AB]$  را بر حسب  $t$  رسم کنیم یک خط راست با شیب  $-k$  به دست می آید که مشخصه بارز واکنش های مرتبه یک است. در این معادله شیب خط همان ثابت سرعت است.



زمان بر حسب دقیقه

شکل ۹- نمودار خط راست حاصل از سرعت واکنش فنل با ۴-آمینوآنتی پیرن

با به دست آمدن این خط راست با معادله  $y = 0/۸۳۶۲x + ۴/۸۵۰۵$ ، واکنش مرتبه یک بوده و برای به دست آوردن ثابت سرعت ( $k$ ) چون  $-k = -0/۸۳۶۲$  است از اینجا  $k = 0/۸۳۶۲$  به دست می آید.

### آنالیز نمونه های جمع آوری شده

نمونه های جمع آوری شده پس از انتقال به آزمایشگاه در شرایط بهینه سازی شده که قبلا بر روی آب مصنوعی دریا به دست آمده، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بعد از شرایط بهینه، حد تشخیص<sup>۱</sup> (LOD) ۰/۳ میکرو گرم بر لیتر به دست آمد. محدوده خطی<sup>۲</sup> اندازه گیری شده برای این روش از روی منحنی کالیبراسیون ۵۰۰-۱۰ میکرو گرم بر لیتر بود که درصد انحراف استاندارد<sup>۳</sup> در آن با  $(N=7)$  برابر ۶ درصد محاسبه شد، به منظور اندازه گیری نمونه حقیقی و غلظت واقعی فنل در آب های خلیج چابهار از ایستگاههای مختلف به کمک پارامترهایی که در مرحله اپتیمم سازی به دست آمده اند استفاده گردید. لذا در این مرحله از منحنی استاندارد، معادله خط و شیب خط به دست آمده برای تعیین غلظت فنل استفاده شد و نتایج حاصل در جدول ۱ ارائه شده است.

<sup>۱</sup>Limit of detection

<sup>۲</sup> The linear range

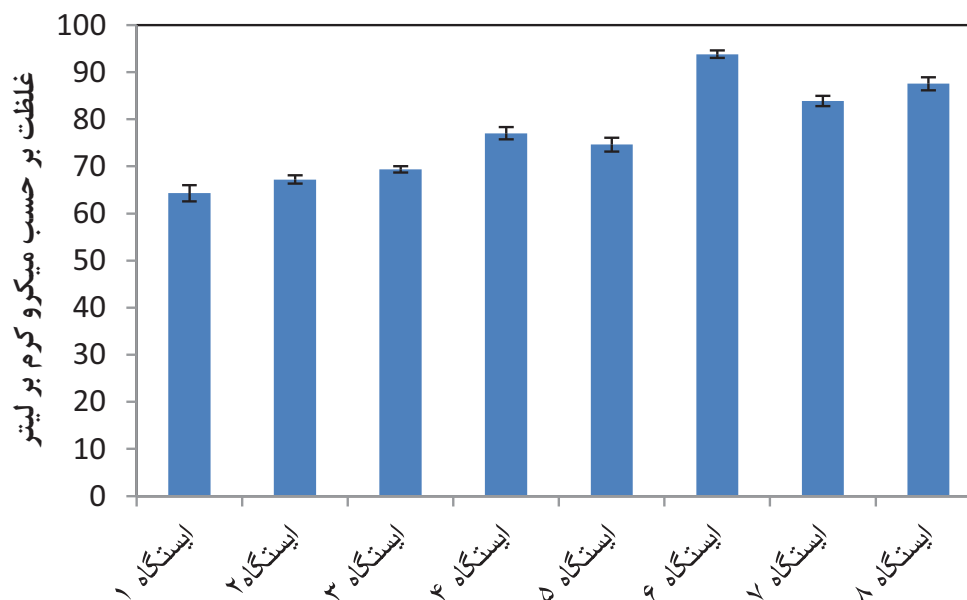
<sup>۳</sup> The relative standard deviations

جدول ۱- اندازه گیری درصد بازیابی و درصد بازیابی نسبی در روش سنتیکی واکنش مشتق سازی ۴-آمینو آنتی

## پیرن

نمونه	فنل اضافه شده ( $\mu\text{g/L}$ )	فنل اندازه گیری شده ( $\mu\text{g/L}$ )	درصد بازیابی Recovery(%)	بازیابی نسبی RR(%)
ایستگاه ۱	۵۰	۱۱۲/۹±۳/۲	۹۵/۴±۲	۹۷/۸
ایستگاه ۲	۵۰	۱۱۶/۷±۲/۷	۹۸/۴±۵	۹۹/۴
ایستگاه ۳	۵۰	۱۱۸/۱±۲/۲	۹۵/۸±۴	۹۸/۲
ایستگاه ۴	۵۰	۱۲۴/۸±۴/۱	۹۱/۳±۳	۹۵/۶
ایستگاه ۵	۵۰	۱۲۳/۵±۱/۹	۹۶/۵±۵	۹۹/۰۰
ایستگاه ۶	۵۰	۱۴۲±۳/۵	۹۴/۷±۳/۵	۹۸/۰۰
ایستگاه ۷	۵۰	۱۳۳/۴±۳/۹	۹۵/۱±۶	۹۸/۸
ایستگاه ۸	۵۰	۱۳۵/۸±۲/۸	۹۲/۹±۴	۹۷/۶

بعد از محاسبه غلظت فنل در ایستگاه های مختلف نمودار آن در شکل ۱۰ رسم شد. نمودار غلظت نشان می دهد که ایستگاه ۶ که مربوط به آب شیرین چابهار- کنارک است دارای بالاترین غلظت می باشد. این غلظت می تواند ناشی از فرایندهایی باشد که در کارخانه آب شیرین انجام می شود، چون فعالیت آن بر اساس اسمز معکوس بوده و مواد زاید آن وارد آب دریا می شود، باشد.



شکل ۱۰- نمودار غلظت اندازه گیری شده برای ایستگاه های مختلف در شرایط آزمایشگاهی ( $\text{pH} = 9$ ) در دمای

محیط  $^{\circ}\text{C}$  ۲ و زمان ۹ دقیقه برای واکنش مشتق سازی)

نتیجه و دستاورد این روش برای محیط زیست

این آزمایش یک روش سالم و بی خطر برای محیط زیست است و از جنبه های مختلف حائز اهمیت می باشد چون یکی از موادی که برای انسان سمی و سرطان زا و برای سایر موجودات آبی مضر است را شناسایی و اندازه گیری می کند. این روش از روشهای استاندارد جهانی است که توسط سازمان سلامت عمومی آمریکا (APHA) تعیین شده حلال خیلی کمی مصرف می کند در نتیجه از ورود این حلال ها به محیط زیست جلوگیری می شود. علاوه بر حلال، زمان انجام آزمایش کوتاه و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشد چون از معرف ها و مواد شیمیایی خیلی کمی استفاده می شود.

### منابع:

- Nielson. A. H. Allard. A. S. Hynning. P. A. and Rememberger M. 1991. fate and persistence of organochlorine compounds formed during production of bleached pulp. Toxicol. Environ. Chem. 30, 3-41.
- Moore. J.W. and Ramamoorthy. S. 1984. Phenols in Organic Chemicals in Natural Waters. In Applied Monitoring and Impact Assessment; Springer: New York, USA, 8-15.
- Cristina Mahugo Santana. Z. S. 2009. Methodologies for the Extraction of Phenolic Compounds from Environmental Samples: New Approaches. Molecules. 289-320.
- Mckague. A. B. 1981. Phenolic constituents in pulp mill process streams. J. Chromatogr A. 208. 287-293.
- Lippincot. J.B, 1990. List of Worldwide Hazardous Chemical and Pollutants. The Forum for Scientific Excellence: New York, USA, 1990.
- Ohlenbusch. G. Kumke. M. and Frimmel. F. 2000. Sorption of phenols to dissolved organic matter investigated by solid phase microextraction. Total Environ. 63-74.
- Pollutants. S. a. 1977. US Environmental Protection Agency. Cincinnati, Environment Monitoring and Support Laboratory.
- US Environmental Protection Agency. Sampling and Analysis Procedure for Screening of Industrial Effluents for Priority Pollutants; Environment Monitoring and Support Laboratory: Cincinnati, OH, USA, 1977.
- The list of priority substances in the field of water policy and amending directive, Council directive 2455/2001/ECC. Official Journal L331, November 20. 2001. 1-5.
- sela Lavilla n. S. 2012. Dispersive liquid microextraction combined with microvolume spectrophotometry to turn green the 5530 APHA standard method for determining phenols in water and wastewater. Talanta. 197-202.
- Pocurull. E. Marcé. R. and Borrull. F. 1995. Liquid chromatography of phenolic compounds in natural water using on-line trace enrichment. Chromatographia. 85-90.
- Pocurull. E. S. Nchez. G. Borrull. F. and Marcé. R. 1995. Automated on-line trace enrichment and determination of phenolic compounds in environmental waters by high-performance liquid chromatography. Chromatogr. 31-39.

- Lee. H. Peart. T. and Hong-Yo. R. 1993. Determination of phenolics from sediments of pulp mill origin by in situ supercritical carbon dioxide extraction and derivatization. *J. Chromatogr.* 263-270.
- Nick. K. and Scholer. H. 1992. Gas-chromatographic determination of nitrophenols after derivatisation with diazomethane. *Fresenius J. Anal. Chem.* 304-307.
- Hart. A. and Dasgupta. A. 1997. A novel derivatization of phenol after extraction from human serum using perfluorooctanoylchloride for gas chromatography-mass spectrometric confirmation and quantification. *J. Forensic Sci.* 693-696.
- Wissjack. R. Rosenberg. E. and M. G. Comparison of different sorbent materials for online solid-phase extraction with liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry of phenols. *J. Chromatogr.* 159-170.
- Lopez-Darias. J. German-Hernandez. M. Pino. V. and Ana M. A. 2010. Dispersive liquid-liquid microextraction versus single-drop microextraction for the determination of several endocrine-disrupting phenols from seawaters. *Talanta.* 80. 1611-1618.