

سنتز کامپوزیت‌های جدید پلی آنیلین و پوست پرتقال و امکان‌سنجی کاربرد آن در حذف سرب از محیط آبی

ایمان فریرزاده^۱، مجید ریاحی سامانی^{۲*}

مقاله پژوهشی

۱ و ۲- گروه مهندسی عمران، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی‌شهر، اصفهان، ایران.

* riahysamani@iaukhsh.ac.ir

چکیده

در این پژوهش، هدف سنتز کامپوزیت‌های مختلف پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال‌های آبی و غیرآبی در حضور پلی‌اتیلن گلیکول و بررسی عملکرد آن در جذب سرب از آب بوده است. آزمایش‌ها جذب سرب با استفاده از این کامپوزیت‌ها به صورت ناپوسته با استفاده از محلول‌های آزمایشگاهی حاوی سرب انجام گرفته است. نتایج این تحقیق نشان داد کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال درصد حذف سرب بسیار بالاتری نسبت به پوست پرتقال به تنهایی دارد. بهترین کامپوزیت سنتز شده در حلال آب و اتانول و در حضور ۲ g/L پلی‌اتیلن گلیکول با ۸۲/۱۲ درصد حذف به دست آمد. در کلیه کامپوزیت‌های سنتز شده، حضور پلی‌اتیلن گلیکول در مرحله سنتز بسیار مؤثر واقع شده و توانسته راندمان حذف را بیشتر کند. نتایج حاصل از آنالیز سائز حفرات و آنالیز سطح ویژه BET نشان داد سطح ویژه در کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال سنتز شده در حلال آب و اتانول در حضور ۲ گرم بر لیتر پلی‌اتیلن گلیکول با ۷/۰۲۶ مترمربع بر گرم بیشتر از همه کامپوزیت‌ها است و عکس‌های SEM تهیه شده حاکی از پوشش بهتر و یکنواخت‌تر پلی آنیلین بر پوست پرتقال در این کامپوزیت بود. برای کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال سنتز شده در حلال آب و اتانول و در حضور ۲ g/L pH بهینه برابر ۶، زمان تماس بهینه ۳۰ دقیقه به دست آمد و فرآیند جذب از ایزوترم‌های لانگمویر و فروندلیچ پیروی کرد. حداکثر مقدار جذب برای این جاذب ۲۵/۵۱ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد.

اطلاعات مقاله

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۶

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۰

کلید واژگان:

کامپوزیت

پلی آنیلین

پوست پرتقال

جذب سطحی

سرب.

Synthesis of New Composites of Polyaniline and Orange Peel and Feasibility of its Application in Removing Lead from Water Environment

Iman Farirzadeh¹, Majid Riahi Samani^{2*}

1, 2- Department of Civil Engineering, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr, Isfahan, Iran.

* riahysamani@iaukhsh.ac.ir

Article Information

Original Research Paper

Doi:

Keywords:

Lead

Composite

Polyaniline

Orange Peel

Adsorption.

Abstract

The aim of this study was to synthesis different polyaniline and orange peel composites in aqueous and non-aqueous solvents in the presence of polyethylene glycol and investigating of its performance in adsorption of lead. Adsorption experiments were carried out using this composite in batch mode. The results showed that the polyaniline and orange peel composite had a higher lead removal rate than the orange peel alone. The best composite synthesized in water and ethanol solvents in the presence of 2 g / L of polyethylene glycol with 82.12% removal efficiency. In all the synthesized composites, the presence of polyethylene glycol was very effective at the synthesis stage and was able to increase the removal efficiency. The results of BET analysis showed that the specific surface area in the polyaniline and the orange peel composite synthesized in water and ethanol in the presence of 2 g / L polyethylene glycol with 7.026 m² / g was above all. The SEM images showed better and more uniform polyaniline coating on the orange peel in this composite. For polyaniline and orange peel composite synthesized in water and ethanol solvent in the presence of 2 g / L polyethylene glycol, optimum pH was occurred at pH 6, the optimum contact time was occurred at 30 min and the adsorption process was followed by Langmuir and Freundlich isotherms. The maximum adsorption value for this adsorbent was 25.51 mg / g.

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

Iman Farirzadeh, Majid Riahi Samani, Synthesis of New Composites of Polyaniline and Orange Peel and Feasibility of its Application in Removing Lead from Water Environment, New Process in Material Engineering, 2024, 18(3), 49-57.

۱- مقدمه

آلودگی منابع آبی در اثر ورود فلزات سنگین و سمی ناشی از فرآیندهای صنعتی و اهمیت تصفیه این آلودگی‌ها، امروزه یک امر محیط زیستی و جهانی است [۱]. آب بهترین حلال شیمیایی است، بسیاری از گازها و مواد معدنی به آسانی در آن حل می‌شوند [۲]. محدودیت منابع آب، کمبود بارندگی، خطر بحران آب در کشور و اهمیت بازیابی مجدد آب از یک سو و افزایش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به وسیله فلزات سنگین و سایر آلاینده‌ها از سوی دیگر، یافتن راه‌حل‌های زیست‌محیطی را در جهت حذف این مواد از منابع آب ضروری می‌کند. فلزات سنگین یکی از آلاینده‌های مهم منابع آب محسوب می‌شوند که به علت ورود پساب‌های صنعتی به اکوسیستم‌های آبی می‌توانند خطرهای جدی برای سلامت موجودات زنده در پی داشته باشند [۳]. سرب به عنوان یکی از خطرناک‌ترین فلزات سنگین شناخته شده است که در طی فعالیت‌های معدن‌کاری، ساخت باتری‌های اسیدی، آبکاری فلزات، صنعت چاپ، صنایع نساجی، مواد مورد استفاده در عکاسی، صنایع سرامیک و شیشه، ساخت مواد منفجره همچنین ساخت لوله وارد پساب می‌گردد [۴]. حد مجاز سرب در آب آشامیدنی بر اساس گزارش نمایندگی حفاظت از محیط زیست آمریکا ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است، بنابراین مقدار غلظت‌های کم سرب در آب بسیار سمی و خطرناک است [۵]. در حال حاضر روش‌های مختلفی به منظور جداسازی فلزات سنگین از جمله سرب از محیط‌های آبی استفاده می‌شود که از این روش‌ها می‌توان به ترسیب شیمیایی، اسمز معکوس و جذب سطحی اشاره کرد [۶]. هر کدام از این روش‌ها محاسن و معایب خاص خود را دارد. روش ترسیب شیمیایی باعث تولید لجن زیاد شده و امکان بازیافت فلزات سنگین از جمله سرب را ناممکن می‌کند. همچنین مدیریت و دفع لجن ایجاد شده بسیار مشکل است. یکی از روش‌هایی که امروزه خیلی مورد توجه قرار گرفته روش جذب سطحی است [۷-۹]. در این روش اولاً تولید لجن وجود ندارد و مصرف برق بسیار کم می‌باشد و در ثانی

امکان بازیافت و استفاده مجدد از سرب وجود دارد. امروزه دانشمندان دنبال یافتن کامپوزیت‌های جدید با مواد طبیعی می‌باشند [۱۰-۱۲]. یکی از جاذب‌هایی که به تازگی مورد توجه قرار گرفته پلی آنیلین و کامپوزیت‌های آن است [۱۳-۱۴]، پلی-آنیلین یکی از مهم‌ترین پلیمرهای رسانا است که به دلیل هدایت الکتریکی بالا، پایداری، ارزانی و ساده بودن روش سنتز، توجه زیادی را در زمینه‌های مختلف صنعتی به خود جلب کرده است [۱۵]. کاربردهای زیادی برای این ماده وجود دارد که می‌توان به برخی از کاربردهای الکتروشیمیایی از قبیل باتری‌ها [۱۶]، حسگرها [۱۷]، مانع خوردگی [۱۸] و نیز جاذب [۱۹] اشاره کرد. بسیاری از محققان در سال‌های اخیر همچنان تحقیق روی کاربرد فرایند جذب و عوامل مؤثر بر آن برای حذف آلاینده‌های آلی و فلزی از محیط‌های آبی را ادامه دادند. مطالعات زیادی در سراسر جهان در این زمینه انجام شده است. در پژوهشی به تحقیق بر روی حذف منگنز از محلول‌های آبی با استفاده از نانو کامپوزیت‌های پلی آنیلین پوشش داده شده بر روی خاک اره پرداختند [۲۰]، در پژوهش‌های دیگر به حذف فلزات سنگین با استفاده از کامپوزیت پلی آنیلین / سیلیکا ژل [۱۹]، کامپوزیت پلی آنیلین / خاک اره / پلی اتیلن گلیکول [۲۱]، کامپوزیت پلی آنیلین و پلی وینیل الکل [۲۲]، کیتوزان پیوند خورده با پلی آنیلین [۱۵]، کامپوزیت پلی آنیلین و فروسیانید [۱۴]، کامپوزیت پلی آنیلین پوشیده شده بر خاکستر پوسته برنج [۲۳]، پلی آنیلین پوشیده شده بر روی خاک اره [۲۴] پرداخته شده است. نتایج تحقیقات قبل نشان داده است می‌توان با تغییر شرایط سنتز، انواع پلی آنیلین و کامپوزیت‌های آن با خواص کاملاً متفاوت سنتز نمود [۲۲]. در این پژوهش هدف سنتز کامپوزیت‌های مختلف پلی آنیلین و پوست پرتقال در شرایط مختلف و بررسی عملکرد آنها در جذب سرب می‌باشد. لذا ابتدا در شرایط مختلف کامپوزیت‌های مختلف پلی آنیلین و پوست پرتقال سنتز شده و بهترین کامپوزیت که بیشترین درصد حذف را داشت تعیین گردید. سپس برای بهترین کامپوزیت سنتز شده،

هم زده شد تا کاملاً حل شود. در ظرفی جداگانه ۱cc مونومر آنیلین خالص با پودر پوست پرتقال مخلوط و به ظرف اول اضافه شد و حدود ۵ ساعت توسط شیکر در دمای محیط هم زده شد. پس از ۵ ساعت واکنش، پلیمر تشکیل شده، توسط کاغذ صافی از محلول جدا شد و برای از بین بردن الیگومرها و ناخالصی‌های موجود در پلیمر، پلیمر حاصل با آب مقطر و استون چندین بار شسته شد و در آون با دمای ۵۰°C به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید. همچنین به کمک هاون چینی به صورت پودر در آمد و جهت آزمایش‌های جداسازی مصرف شد [۲۲].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- جداسازی سرب با استفاده از کامپوزیت‌های

مختلف پلی آنیلین

در جدول (۱) نتایج حاصل از بررسی کارایی کامپوزیت‌های پلی آنیلین با پودر پوست پرتقال نشان داده شده است. طبق نتایج این جدول، کلیه کامپوزیت پلی آنیلین و پودر پوست پرتقال عملکرد بسیار بهتری در حذف سرب از پوست پرتقال به تنهایی دارد. در میان کامپوزیت‌های سنتز شده، کامپوزیت سنتز شده در حلال آب و اتیل الکل در حضور پلی اتیلن گلیکول (۲ g/L) پلی بهترین عملکرد را با ۸۲/۱۲ درصد حذف سرب دارد. در میان کامپوزیت‌های سنتز شده، کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال سنتز شده در حلال آب با ۵۷/۲۴ درصد حذف کمترین راندمان را در جداسازی سرب داشت. در کلیه کامپوزیت‌های سنتز شده، حضور پلی اتیلن گلیکول در مرحله سنتز بسیار مؤثر واقع شده و توانسته راندمان حذف را بیشتر کند. پلی اتیلن گلیکول یک ماده پایدارساز است و در حین فرآیند پلیمریزاسیون به پلی آنیلین می‌چسبد و ذرات ریزتری ایجاد می‌کند [۲۲]. نوع حلال هم بر شکل و مورفولوژی و خواص کامپوزیت حاصل تأثیر گذشته و راندمان حذف سرب بالا رفته است.

مکانیزم حذف سرب به وسیله کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال به دلیل پوشش دهی پلی آنیلین بر روی سطح پوست پرتقال می‌باشد. در ساختار پلی آنیلین سایت‌های فراوان نیتروژن (-NH) وجود دارد. این نیتروژن به دلیل داشتن الکترون

شرایط واکنش‌های جذب سطحی بهینه شده است و بهترین عملکرد تعیین شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد و تجهیزات

کلیه مواد آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. آنیلین قبل از استفاده دو مرتبه تقطیر و پس از بی‌رنگ شدن مورد استفاده قرار گرفت. جهت انجام آزمایش‌ها از دستگاه pH متر مدل P-M-T-Model 2002، دستگاه جذب اتمی Perkin Elmer، میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM) مدل LEO 440i و دستگاه آنالیز سائز حضرات و آنالیز سطح ویژه BET مدل JW-BK132F استفاده شد.

۲-۲- آزمایش‌های جداسازی سرب

ابتدا کامپوزیت‌ها و مواد جاذب سنتز شده و آماده گردیدند. سپس محلول استاندارد ۲۵ میلی گرم در لیتر از سرب با pH=۶ ساخته شد. در آزمایش‌های منقطع مقدار ۰/۲ گرم از هر کدام از جاذب‌ها به محلول‌های ۱۰۰ میلی لیتری از فلز سرب اضافه شدند و به مدت ۳۰ دقیقه درون شیکر قرار داده شدند. در نهایت از کاغذ صافی عبور داده شدند و غلظت باقی مانده فلز در محلول-ها توسط دستگاه جذب اتمی مدل Perkin Elmer 3030 قرائت شدند. نهایتاً درصد حذف سرب برای تمام مراحل به ترتیب با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد. در این رابطه C_0 و C_t غلظت اولیه سرب در محلول و غلظت ثانویه سرب بعد از انجام آزمایش و R راندمان حذف بر حسب درصد می‌باشند.

$$\%R = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

۲-۳- تهیه کامپوزیت پلی آنیلین پوست پرتقال

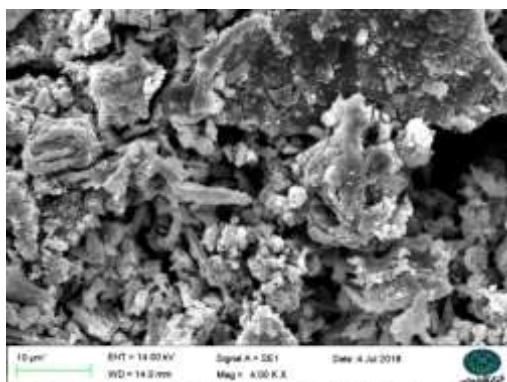
ابتدا ۱/۶ گرم یدات پتاسیم در ۱۰۰cc اسید سولفوریک یک مولار از حلال‌های مختلف با استفاده از شیکر مغناطیسی حل شد تا محلول یکنواخت و همگنی به دست آید، سپس ۰/۲ گرم پلی اتیلن گلیکول به محلول افزوده شد و حدود ۱۵ الی ۲۰ دقیقه

۲ نشان داده شد. نتایج نشان می‌دهد که در کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال سنتز شده در حلال آب و اتانول در حضور ۲ گرم بر لیتر پلی اتیلن گلیکول سطح جانبی بیشتر شده است و در نتیجه راندمان حذف بیشتر شده است. در تحقیقات دیگر برای کامپوزیت پوست شترمرغ و پلی آنیلین سطح مخصوص ۲۲/۷۶ مترمربع بر گرم [۲۹]، برای کامپوزیت لاشه زنبور و پلی آنیلین سطح مخصوص ۱۱/۹ مترمربع بر گرم [۳۰] و برای کامپوزیت پوست انار و پلی پیرول سطح مخصوص ۷/۱۷ مترمربع بر گرم و بیان شد [۳۱].

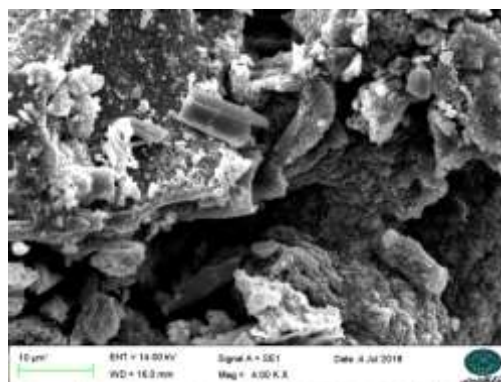
اوربیتال S^2P^3 می‌تواند با بار مثبت سرب پیوندهای ضعیف برقرار کرده و آن‌ها را جذب کند. به‌علاوه پوست پرتقال نیز مانند سایر محصولات کشاورزی، ظرفیت بالقوه‌ای برای جذب فلزات مختلف دارد [۲۲]. در شکل (۱) و (۲) عکس‌های SEM گرفته شده توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل LEO 440i از کامپوزیت‌های سنتز شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این دو شکل پیداست در کامپوزیت سنتز شده در حلال آب و اتانول در حضور پلی اتیلن گلیکول پوشش دهی پلی آنیلین یکنواخت‌تر و بیشتر بوده و راندمان حذف سرب بیشتر شده است. نتایج حاصل از آنالیز سائز حفرات و آنالیز سطح ویژه^۲ BET برای دو کامپوزیت سنتز شده در شرایط مختلف در جدول

جدول (۱): جداسازی سرب با استفاده از پوست پرتقال و کامپوزیت‌های آن با پلی آنیلین (pH=۶، زمان تماس ۳۰ دقیقه، مقدار جاذب ۲ g/L).

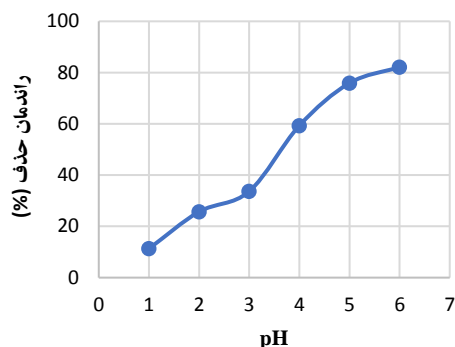
شماره آزمایش	نام کامپوزیت	شرایط جاذب			شرایط جداسازی سرب (II)	
		حلال	پلی اتیلن گلیکول اضافه شده (g/L)	غلظت اولیه سرب (ppm)	غلظت نهایی سرب (ppm)	درصد حذف سرب (II) (%)
۱	پودر پوست پرتقال و پلی آنیلین	آب	-	۲۵	۱۰,۶۹	۵۷,۲۴
۲	پلی آنیلین و پوست پرتقال	آب + اتانول	-	۲۵	۴/۷۱	۸۱/۱۶
۳	پلی آنیلین و پوست پرتقال	آب + متانول	-	۲۵	۸/۹	۶۴/۳۷
۴	پلی آنیلین و پوست پرتقال و حضور پلی اتیلن گلیکول (۲ g/L)	آب	۲	۲۵	۵/۵۸	۷۷/۶۸
۵	پلی آنیلین و پودر پوست پرتقال و حضور پلی اتیلن گلیکول (۲ g/L)	آب + اتانول	۲	۲۵	۴/۴۷	۸۲/۱۲
۶	پلی آنیلین و پودر پوست پرتقال و حضور پلی اتیلن گلیکول (۲ g/L)	آب + متانول	۲	۲۵	۵/۶۶	۷۷/۳۶
۷	پودر پوست پرتقال	-	-	۲۵	۲۱/۱۲	۱۵/۵۶



شکل (۲): کامپوزیت پوست پرتقال و پلی آنیلین در حلال آب و اتانول در حضور پلی اتیلن گلیکول (۲ g/L) با بزرگنمایی ۴۰۰۰ برابر.



شکل (۱): کامپوزیت پوست پرتقال و پلی آنیلین در حلال آب با بزرگنمایی ۴۰۰۰ برابر.



شکل (۳): اثر pH بر جذب سرب با استفاده از پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب/ اتانول در حضور ۲g/L (زمان اختلاط ۳۰ دقیقه، مقدار غلظت اولیه سرب ۲۵ mg/L و مقدار جاذب ۲ g/L).

جدول (۲): نتایج حاصل از آنالیز BET برای کامپوزیت پلی آنیلین و پودر پوست پرتقال در شرایط مختلف.

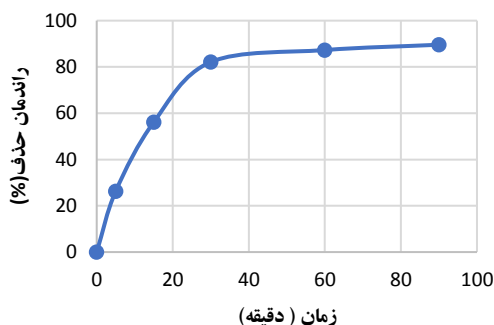
نوع جاذب	مساحت سطح ویژه (مترمربع بر گرم جاذب)
کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال سنتز شده در حلال آب	۵/۱۲۳
کامپوزیت پلی آنیلین و پودر پوست پرتقال در حلال آب و اتانول و حضور پلی اتیلن گلیکول (۲ g/L)	۷/۰۲۶

۲-۳- تأثیر pH محلول سرب بر راندمان جداسازی توسط کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب/ اتانول در حضور ۲g/L

نتایج حاصل از تأثیر pH محلول سرب بر راندمان جداسازی توسط جاذب منتخب در شکل ۳ ارائه شده است. به‌منظور جلوگیری از ترسیب سرب از pHهای قلبایی پرهیز شد. در رابطه با pH، حداکثر جذب سرب (II) در pH=۶ به میزان (۸۲٪/۱۲) و کمترین درصد جذب سرب (II) در pH=۱ به میزان (۱۰٪/۱۱) اتفاق افتاد. دلیل کاهش راندمان جذب با کاهش pH این است که با کاهش pH ذرات پلی آنیلین پروتونه شده و دارای بار مثبت می‌شوند و جاذب کاتیون‌های با بار مثبت سرب را دفع کرده و مقدار جذب کم می‌شود. در مطالعه‌ای که توسط اکاتی بر روی استفاده از پوست پرتقال اصلاح شده به‌عنوان جاذب جهت حذف سنگین سرب و مس از محلول آبی انجام شد، به این نتیجه رسیدند که حداکثر و حداقل میزان جذب به ترتیب در pHهای ۶ و ۲ به دست آمد [۲۵]. در مطالعه دیگری که رثوف و همکاران [۲۶] بر روی بررسی رفتار سینتیکی جذب یون سرب از محلول‌های آبی با استفاده از برگ درخت کنار زغالی شده انجام دادند به این نتیجه رسیدند که در pH برابر ۶ بیشترین بازدهی جذب به دست آمد.

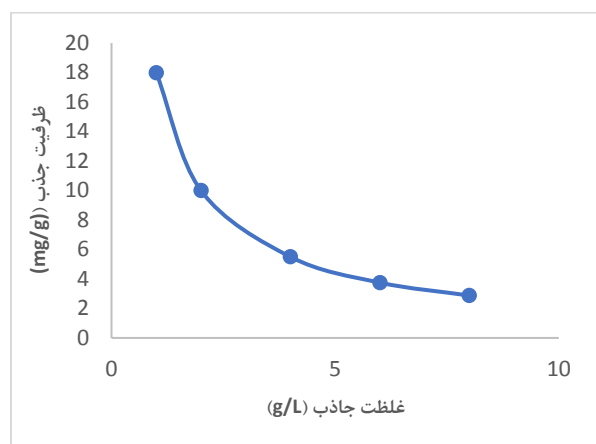
۳-۳- اثر زمان تماس بر حذف سرب (II) توسط کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب/ اتانول در حضور ۲g/L

در شکل ۴ نتایج اثر زمان تماس ماده جاذب با محلول‌های حاوی فلز سرب (II) در pH=۶ نشان داده شد. غلظت فلز mg/L ۲۵ و مقدار جاذب نیز ۲ گرم در لیتر بود. در رابطه با زمان تماس، بیشترین میزان حذف سرب به میزان ۸۸/۴۴٪ در زمان ۹۰ دقیقه بود که این می‌تواند به این دلیل باشد که می‌دهد که با افزایش زمان تماس میزان حذف سرب صعودی دارد چراکه مکان‌های فعال زیاد و خالی در سطح جاذب، با گذشت زمان اشغال خواهند شد و به همین علت با افزایش زمان تماس، جذب افزایش می‌یابد.



شکل (۴): اثر زمان تماس بر جذب سرب (II) به‌وسیله کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب/ اتانول در حضور ۲g/L (pH=۶، غلظت اولیه سرب ۲۵ mg/L و مقدار جاذب ۲ g/L).

علت این امر افزایش مکان‌های در دسترس برای جذب فلزات است که با افزایش مقدار جاذب صورت گرفته است. در مطالعه‌ای که در [۲۷]، بر روی حذف فلزات سنگین از محیط آبی توسط جذب سطحی با استفاده از پوست موز اصلاح شده انجام شد، به این نتیجه رسیدند که با افزایش دز جاذب میزان جذب یون فلزی در واحد جرم جاذب کاهش یافت ولی راندمان جذب افزایش داشته است. این پدیده به این صورت قابل توجیه است که بعضی از جایگاه‌های جذب اشباع نشده باقی می‌مانند.



شکل (۵): تأثیر مقدار جاذب بر ظرفیت جذب سرب توسط جاذب منتخب (pH=۶، زمان اختلاط ۳۰ دقیقه).

جدول (۳): تأثیر غلظت اولیه سرب بر راندمان جداسازی توسط جاذب منتخب.

شماره آزمایش	نام کامپوزیت	زمان تماس (دقیقه)	pH	مقدار جاذب g/L	غلظت اولیه سرب (ppm)	غلظت نهایی سرب (ppm)	درصد حذف سرب (II)
۱	کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب و اتانول در حضور پلی اتیلن گلیکول (۲ g/L)	۳۰	۶	۲	۱	۰/۳۸	۵۲
۲	کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب و اتانول در حضور پلی اتیلن گلیکول (۲ g/L)	۳۰	۶	۲	۵	۱/۱۴	۷۷/۲
۳	کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب و اتانول در حضور پلی اتیلن گلیکول (۲ g/L)	۳۰	۶	۲	۲۵	۴/۴۷	۸۲/۱۲

به‌منظور برازش مدل‌های جذبی بر روی هم‌دماهای جذب باید به این نکته اشاره کرد که این هم‌دماها در اصل جذب سطحی مواد

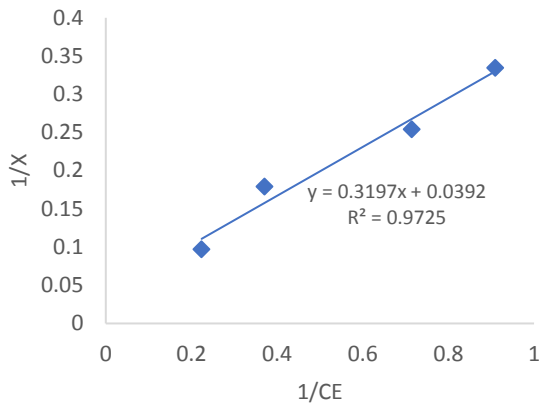
۴-۳- تأثیر غلظت اولیه سرب (II) توسط کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب/ اتانول در حضور ۲g/L

در جدول ۳ نتایج حاصل از تأثیر غلظت اولیه سرب (II) توسط کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب/ اتانول در حضور ۲g/L نشان داده شده است. نتایج نشان داد با افزایش غلظت اولیه از ۱ ppm به ۲۵ ppm درصد حذف سرب از ۵۲٪ به ۸۲/۱۲٪ رسید. با افزایش غلظت اولیه فلز سرب از ۱ ppm به ۲۵ ppm درصد حذف سرب از ۵۲٪ به ۸۲/۱۲٪ رسید که می‌توان گفت با افزایش غلظت اولیه سرب در پساب، مقدار جذب افزایش یافت. دلیل این امر این است که با افزایش غلظت محلول، تراکم یون‌ها در محلول بیش‌تر می‌شود و در نتیجه، با نزدیکی یون‌ها به سطح ذرات جذب افزایش می‌یابد.

۵-۳- تأثیر مقدار جاذب بر میزان جذب فلز سرب (II) توسط کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب/ اتانول

نتایج حاصل از تأثیر مقدار جاذب بر میزان جذب فلز سرب (II) توسط جاذب منتخب در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد، با افزایش مقدار ماده جاذب راندمان حذف بیشتر شد.

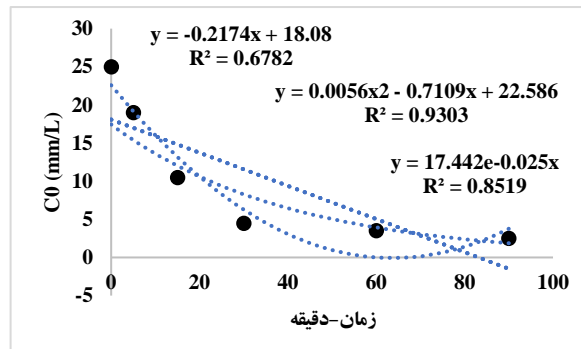
۶-۳- هم‌دماهای جذب سرب (Pb) توسط کامپوزیت پلی آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب/ اتانول در حضور ۲g/L



شکل (۷): بررسی ایزوترم لانگمویر برای جاذب منتخب

۷-۴- بررسی سینتیک واکنش توسط کامپوزیت پلی- آنیلین و پوست پرتقال در حلال آب/ اتانول در حضور ۲g/L

به منظور بررسی سینتیک واکنش، درجه واکنش تعیین شد. بر اساس شکل شماره ۸ واکنش بیشترین برآزش را با واکنش درجه دوم با R^2 برابر ۰/۹۳ داشته و نوع واکنش با واکنش‌های درجه دوم بهترین همخوانی را دارد.

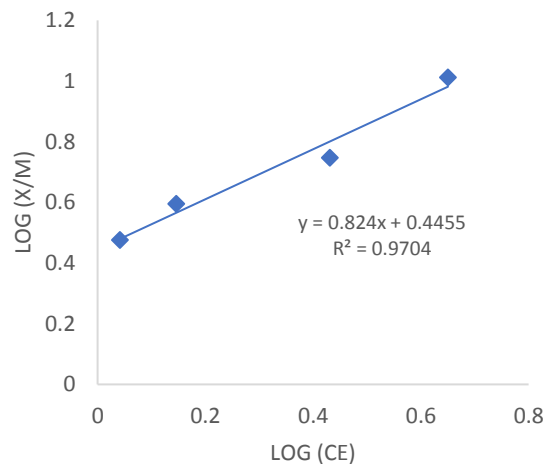


شکل (۸): بررسی سینتیک واکنش جذب سرب.

۵- نتیجه گیری

در این پژوهش، به بررسی عملکرد کامپوزیت‌های مختلف پلی آنیلین و پوست پرتقال در جذب سرب پرداخته شده است. طبق نتایج این تحقیق در میان کامپوزیت‌های سنتز شده، کامپوزیت سنتز شده در حلال آب و اتیل الکل در حضور ۲ g/L پلی آنیلین گلیکول بهترین عملکرد را با ۸۲,۱۲ درصد حذف سرب دارد. مکانیزم حذف سرب به وسیله کامپوزیت پلی آنیلین و پوست

حل شونده بر روی مواد جامد را در دمای ثابت بر اساس واحد- های کمی توصیف می‌نمایند. هم‌دماهای جذب سطحی نشان‌دهنده مقدار جذب به‌عنوان تابعی از غلظت تعادلی جذب شونده می‌باشند [۲۸]. در شکل‌های ۶ و ۷ برآزش نتایج به‌دست آمده با مدل‌های جذبی لانگمویر و فروندلیچ برای سرب (II) نشان داده شده است. برای فلز سرب به علت نزدیک بودن دو R^2 به هم با هر دو مدل برآزش داشت مدل لانگمویر برای جذب تک لایه‌ای بر روی سطح ماده جاذب دارای مکان‌های جذب محدود و یکسان معتبر است. مشخصه ضروری این ایزوترم توسط ثابت R_L که به پارامتر تعادلی معروف می‌باشد، تعریف می‌گردد. مقادیر R_L محاسبه شده برای جذب سرب مقدار ۰/۰۱ محاسبه شد که این عدد بین صفر تا یک می‌باشد و نشان‌دهنده جذب مطلوب برای تفسیر جذب فلز توسط جاذب است. در مدل لانگمویر بیشینه ظرفیت جذب برای فلز سرب (b) مقدار ۲۵/۵۱ میلی گرم سرب بر گرم جاذب تعیین شد. ضریب n مدل فروندلیچ که معیار شدت جذب است، برای جذب سرب توسط جاذب مقدار ۱/۲۱ تعیین گردید.



شکل (۶): بررسی ایزوترم فروندلیچ برای جاذب منتخب

[6] V. A. Papaevangelou, G. D. Gikas & V. A. Tsihrintzis, "Chromium removal from wastewater using HSF and VF pilot-scale constructed wetlands: Overall performance, and fate and distribution of this element within the wetland environment", *Chemospher*, vol. 168, pp. 716-730, 2017.

[7] E. Cheraghi, E. Ameri & A. Moheb, "Continuous biosorption of Cd (II) ions from aqueous solutions by sesame waste: thermodynamics and fixed-bed column studies", *Desalination and water treatment*, vol. 57, pp. 6936-6949, 2016.

[8] Z. Azizi Haghghat & E. Ameri, "Synthesis and characterization of magnetic wheat straw for lead adsorption", *Desalination and water treatment*, vol. 57, pp. 9813-9823, 2016.

[9] E. Cheraghi, E. Ameri & A. Moheb, "Adsorption of cadmium ions from aqueous solutions using sesame as a low-cost biosorbent: kinetics and equilibrium studies", *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 12, pp. 2579-2592, 2015.

[۱۰] س. غ. هاشمی پور زواره، ف. تدین و ر. کرمی اسبو، "تهیه نانو کامپوزیت مغناطیسی چند جزئی اصلاح شده با پوست پرتقال و بررسی کارایی آن در جذب ویتامین B5 از محلول‌های آبی"، فرآیندهای نوین در مهندسی مواد، دوره ۱۶، شماره ۲، صفحه ۳۷-۲۷، ۱۴۰۱.

[۱۱] ح. قمی، آ. سپیانی و م. میرحاج، "ساخت و بررسی خواص داربست (کیتوسان/ پلی‌وینیل‌پیرولیدون) حاوی کتیرا به روش خشکاندن انجمادی"، فرآیندهای نوین در مهندسی مواد، دوره ۱۴، شماره ۱، صفحه ۲۷-۴۳، ۱۳۹۹.

[۱۲] ف. حیدری، ر. بازرگان لاری و م. ا. بحرالعلوم، "ساخت و بررسی خواص نانو کامپوزیت طبیعی و زیست سازگار کایتوسن/مگنتیت"، دوره ۹، شماره ۳، صفحه ۲۴۷-۲۵۶، ۱۳۹۴.

[13] M. Riahi Samani, S. M. Borghei, A. Olad & M. J. Chaichi, "Removal of chromium from aqueous solution using polyaniline-poly ethylene glycol composite", *Journal of hazardous materials*, vol 184, no. 1, pp. 248-254, 2010.

[14] R. Karthik & S. Meenakshi, "Removal of hexavalent chromium ions from aqueous solution using chitosan /polypyrrole composite", *Desalination and Water Treatment*, vol 56, no. 6, pp. 1587-1600, 2015.

[15] M. S. Ansari, R. Kumar, S. A. Ansari, S. P. Ansari, M. A. Barakat, A. Alshahrie & M. H. Cho, "Anion selective pTSA doped polyaniline@graphene oxid-

پرتقال به دلیل پوشش دهی پلی آنیلین بر روی سطح پوست پرتقال بیان شد. در ساختار پلی آنیلین سایت‌های فراوان نیتروژن (-NH) وجود دارد. این نیتروژن به دلیل داشتن الکترون در اوربیتال S^2P^3 می‌تواند با بار مثبت سرب پیوندهای ضعیف برقرار کرده و آن‌ها را جذب کند عکس‌های SEM گرفته شده توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی از کامپوزیت‌های سنتز شده نشان داد در کامپوزیت سنتز شده در حلال آب و اتانول در حضور پلی اتیلن گلیکول پوشش دهی پلی آنیلین یکنواخت‌تر و بیشتر بوده و راندمان حذف سرب بیشتر شده است. برای این کامپوزیت pH بهینه حذف سرب برابر ۶، زمان تماس بهینه ۳۰ دقیقه به دست آمد و فرآیند جذب از ایزوترم‌های لانگمویر و فروندلیچ پیروی کرد. حداکثر مقدار جذب برای این جاذب ۲۵/۵۱ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد.

۶- مراجع

[۱]. تقوایی پور، "آنالیز آب"، جلد اول، انتشارات دانشگاه اراک، صفحه ۱۳۹۴، ۵.

[۲] ف. دهقانی، ر. راهنمایی، م. ج. ملکوتی و س. سعادت، "بررسی وضعیت نسبت کلسیم به منیزیم در برخی از آب‌های آبیاری کشور"، پژوهش آب در کشاورزی، دوره ۲۹، شماره ۱، صفحه ۱۲۹-۱۱۷، ۱۳۹۱.

[۳] ا. فدایی، ع. پورخیزاب، غ. نبی بیدهدی، م. ج. امیری، ا. جمشیدی و ه. الهی، "حذف کروم ۶ ظرفیتی از محلول‌های آبی به وسیله‌ی کربن هسته‌ی سنجد و عناب و مقایسه‌ی آن با کربن فعال گرانولی"، محیط‌شناسی، دوره ۳۹، شماره ۳، صفحه ۲۲-۱۳، ۱۳۹۲.

[4] W. Chiayu, H. Mouri, Sh. Sh. Chen & D. Zh. Zhang, "Removal of trace amount mercury from wastewater by forward osmosis", *Journal of Water Process Engineering*, vol. 14, pp. 108-116, 2012.

[5] F. Banat, S. Al-Asheh & L. AlMakhadmeh, "Kinetics and Equilibrium Study of Cadmium Ion Sorption onto Date Pits - An Agricultural Waste", *Adsorption Science & Technology*, vol. 21, pp. 245-260, 2003.

polyaniline coated on sawdust", *Desalination*, vol. 272, pp. 301-305, 2011.

[25] ن. اکاتی، "استفاده از پوست پرتقال اصلاح شده به‌عنوان جاذب جهت حذف فلزات سنگین سرب و مس از محلول آبی"، فصلنامه علمی محیط زیست، شماره ۴۴، صفحه ۵۶-۵۰، ۱۳۹۲.

[26] ف. رثوف، ح. اسماعیلی و م. کوثری فرد، "بررسی رفتار سینتیکی جذب یون سرب از محلول‌های آبی با استفاده از برگ درخت کنار زغالی شده"، *مجله محیط زیست طبیعی*، دوره ۶۹، شماره ۴، صفحه ۱۰۶۱-۱۰۷۵، ۱۳۹۵.

[27] م. مهراسبی و ز. فرهنگ‌کیا، "حذف فلزات سنگین از محیط آبی توسط جذب سطحی بر روی پوست موز اصلاح شده"، *مجله سلامت و محیط*، شماره ۱، صفحه ۵۶-۶۷، ۱۳۸۷.

[28] ن. جعفرزاده حقیقی فرد، ن. منگلی زاده، ا. تکدستان و م. ا. دیناری، "جذب فلز روی (Zn^{2+}) از محلول‌های آبی به‌وسیله کتین استخراجی از پوسته خرچنگ کاراپاس"، *مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست*، شماره ۱۶، صفحه ۴۶۱-۴۷۲، ۱۳۹۳.

[29] S. A. Hosseini, M. R. Samani & D. Toghraie, "Removal of hexavalent chromium from aqueous solution using ostrich feathers amended by polyaniline", *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 15, pp. 488-499, 2021.

[30] S. A. Hosseini, M. R. Samani & D. Toghraie, "Investigating the hexavalent chromium removal from aqueous solution applying bee carcasses and corpses modified with Polyaniline", *Scientific Reports*, vol. 11, no. 1, pp. 119-129, 2021.

[31] S. A. Hosseini, M. R. Samani & D. Toghraie, "Removal of hexavalent chromium from aqueous media using pomegranate peels modified by polymeric coatings: effects of various composite synthesis parameters", *Synthetic Metals*, vol. 265, pp. 116-126, 2020.

۲- پی‌نوشت

- [1] Scanning Electron Microscope (SEM)
[2] Brunauer-Emmett-Teller (BET)

multiwalled carbon nanotube composite for Cr(VI) and Congo red adsorption", *Journal of colloid and interface Science*, vol. 496, pp. 407-415, 2017.

[16] J. Ren, X. Huang, N. Wang, K. Lu, X. Zhang, W. Li & D. Liu, "Preparation of polyaniline-coated polyacrylonitrile fiber mats and their application to Cr(VI) removal", *Synthetic Metals*, vol 1, pp. 255-266, 2016.

[17] E. Nazarzadeh Zare, A. Motahari & M. Silanpaa, "Nanoadsorbents based on conducting polymer nanocomposites with main focus on polyaniline and its derivatives for removal of heavy metal ions/dyes: A review", *Environmental Research*, pp. 173-195, 2018.

[18] T. Najim & A. Salim, "Polyaniline nanofibers and nanocomposites: Preparation, characterization, and application for Cr(VI) and phosphate ions removal from aqueous solution", *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 10, pp. 3459-3467, 2017.

[19] R. Karthik & S. Meenakshi, "Removal of hexavalent chromium ions using polyaniline/silica gel composite", *Journal of Water Engineering*, vol. 1, pp. 37-45, 2014.

[20] M. Hallaji Qomi, H. Eisazadeh, M. Hosseini & H. Azizi Namaghi, "Manganese removal from aqueous media using polyaniline nanocomposite coated on wood sawdust", *Synthetic Metals*, vol. 194, pp. 153-159, 2014.

[21] M. Riahisamani & D. Toghraie, "Removal of hexavalent chromium from water using polyaniline/wood sawdust/polyethylen glycol composite: an experimental study", *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, vol. 17, pp. 53-62, 2019.

[22] M. Riahi Samani, S. M. Borghei, A. Olad & M. J. Chaich, "Influence of polyaniline synthesis conditions on its capability for removal and recovery of chromium from aqueous solution", *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE)*, vol. 30, no. 3, pp. 97-100, 2011.

[23] M. Gorbani & M. Soleimani, "Application of polyaniline nanocomposite coated on rice husk ash for removal of Hg(II) from aqueous media", *Synthetic Metals*, vol. 161, pp. 1430-1433, 2011.

[24] M. S. Mansour, M. E. Ossman & H. A. Farag, "Removal of Cd(II) ion from water by adsorption onto