



## سنتز هیدروژل بر پایه اکریلیک اسید و کاربرد آن در جذب متیل اورانژ از محلول‌های آبی

آرمان صمدزاده ممقانی

گروه شیمی کاربردی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
Email: a\_samadzadeh@azad.ac.ir

محمدرضا منافی \*

گروه شیمی کاربردی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
Email: mr\_manafi@azad.ac.ir

محمد حجتی

گروه شیمی کاربردی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
Email: m\_hojjati@azad.ac.ir

ارسال: ۱۴۰۱/۱۱/۲۰ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۰۲ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶

### چکیده

هیدروژل پلی (اکریلیک اسید-کو-اکریل آمید) PAM-AA با پلیمریزاسیون محلول اسید اکریلیک (AA) و اکریل آمید (AM) با استفاده از آمونیوم پرسولفات (APS) به عنوان آغازگر و  $N',N$ -متیلن بیس اکریل آمید (MBA) به عنوان یک اتصال دهنده تهیه شد. PAM-AA برای حذف متیل اورانژ از محلول‌های آبی استفاده شد. عوامل موثر بر ظرفیت جذب مانند زمان جذب، غلظت اولیه متیل اورانژ، مقدار هیدروژل سوپرجاذب، مقدار pH به طور دقیق مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که PAM-AA برای حذف متیل اورانژ از محلول‌های آبی آن بسیار موثر است. ظرفیت جذب تعادلی ۳۵۹/۸۹ میلی گرم در گرم در دمای اتاق به عنوان اولیه بود. غلظت متیل اورانژ برابر با ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود. مکانیسم فرآیند جذب نیز حدس زده شد. مطالعه بر روی ایزوترم‌های جذب تعادلی نشان داد که جذب مطابق با مدل لانگمویر و فروندلیچ است. بررسی بیش تر سینتیک جذب نشان داد که جذب فرآیند با مدل جنبشی شبه مرتبه دوم سازگار بود.

**کلیدواژه:** حذف، متیل اورانژ، هیدروژل، جاذب، جذب.

## مقدمه

رنگ‌های روشن و رنگ‌های کامل در جهان به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. رنگ‌های آزو که بیش از ۶۰ درصد از رنگ‌های تجاری را به‌دلیل توانایی‌شان در تحمل طولانی‌مدت در معرض نور خورشید، آب و سایر شرایط نامطلوب به اشتراک می‌گذارند و به عنوان مهم رنگ‌های سنتز شده در نظر گرفته می‌شوند.

با این حال، بیش‌تر رنگ‌های آزو به روش‌های سنتی تولید می‌شوند که موجب مقادیر زیادی فاضلاب با ترکیب پیچیده و سمیت قوی ایجاد می‌کند [۴-۱].

تکنیک‌های مختلفی برای مقابله با پساب رنگ مانند روش بیولوژیکی [۵]، رسوب شیمیایی [۶]، اکسیداسیون [۷] و جذب [۸] استفاده شده است. در میان این روش‌ها، رسوب شیمیایی معمولاً باعث ایجاد تعداد زیادی قلوه می‌شود که به سختی می‌توان آن را هدایت کرد.

اکسیداسیون  $H_2O_2$  یک راه موثر برای مقابله با مواد احیا کننده ارائه می‌دهد، اما هزینه تولید بالایی داشت. روش بیولوژیکی هزینه تولید پایینی دارد اما نمی‌تواند رنگ‌ها را به طور کامل بی‌رنگ کند.

به‌طور نسبی، جذب یک روش ساده، پایدار و راحت بدون آلودگی ثانویه است. بنابراین، جذب سطحی برای حذف رنگ‌ها از پساب در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. وانگ و همکاران [۹] رفتار جذب متیل وپولت را روی کامپوزیت پلی (اکریلیک اسید-کواکریل آمید) (PAM-AA)/آتاپولژیت مطالعه کرد و دریافت که کامپوزیت برای حذف متیل بنفش از محلول‌های آبی و فرآیند جذب گرمازا و خود به خود بود.

سان و همکاران [۱۰] تأثیر شرایط واکنش بر ظرفیت جذب متیلن بلو بر روی زئولیت‌های سنتز شده را مورد بحث قرار دادند و دریافتند که حداکثر ظرفیت جذب ۵۰/۵۱ میلی‌گرم در گرم است. داده‌های تجربی وانگ و همکاران [۱۱] نشان داد که کامپوزیت کیتوزان-g-پلی (اکریلیک اسید)/آتاپولژیت برای جذب متیلن بلو از محلول‌های آبی

سریع و مؤثر بود و در ۱۵ دقیقه اول بیش از ۹۰ درصد ظرفیت جذب به دست آمد. سولپان و همکاران [۱۲] جذب رنگ‌های کاتیونی مانند متیل بنفش، سافرانین-O و سرخابی [۱۳] توسط هیدروژل‌های پلی (اکریل آمید-کو-اکریلیک اسید) تهیه شده توسط پرتو گاما را بررسی کرد. با این حال، حذف متیل اورانژ با استفاده از هیدروژل PAM-AA گزارش نشده است. متیل اورانژ به عنوان نماینده رنگ آزو اسیدی در تولید صنعتی و تحقیقات شیمیایی در مقایسه با سایر رنگ‌های کاتیونی بسیار بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌طور کلی ۱۵ درصد متیل اورانژ از فرآیندهای عملیات رنگرزی آزاد می‌شود و در نهایت وارد جریان زباله می‌شود [۱۴].

مشخص است که متیل اورانژ دارای کروم بالا، نیاز شیمیایی شیمیایی بالا (COD) است اما زیست تخریب پذیری ضعیفی دارد. همچنین قرنیه را تحریک می‌کند و از طریق تماس مکرر باعث آگزما می‌شود.

بنابراین، مطالعه بر روی حذف متیل اورانژ از محلول‌های آبی ضروری و قابل توجه است. در این مقاله هیدروژل PAM-AA تهیه و برای حذف متیل اورانژ از محلول‌های آبی آن استفاده شد.

عوامل موثر بر ظرفیت جذب، از جمله زمان جذب، غلظت اولیه متیل اورانژ، مقدار PAM-AA، مقدار pH، مورد بررسی و مکانیسم فرآیند جذب بدست آمد و همچنین سینتیک جذب نیز مورد بحث قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

اکریل آمید (AM)، اسید اکریلیک (AA)، آمونیوم پرسولفات (APS)، متیلن بیس اکریل آمید (NMBA) از شرکت Merk، متیل اورانژ از سیگما آلدردیج تهیه و استفاده شدند و همچنین تمام محلول‌ها در آب دیونیزه تهیه شدند.

### - تهیه هیدروژل PAM-AA

هیدروژل PAM-AA به شرح زیر تهیه شد: ابتدا مقدار معینی از AA با محلول هیدروکسید سدیم که غلظت آن ۶/۲۵ مول در لیتر بود تا ۸۰ درصد خنثی شد. سپس، AA خنثی شده (۶ گرم)، AM (۴/۵ گرم)، و آب دیونیزه (۴۰ میلی‌لیتر) به یک

$$w = \frac{c_0 V_0 - c_t V_t}{c_0 - V_0} \times 100\% \quad (2)$$

که در آن  $c_0$  غلظت اولیه متیل اورانژ (mg/L)،  $c_t$  غلظت نهایی متیل اورانژ (mg/L)،  $V_0$  و  $V_t$  حجم محلول متیل اورانژ قبل و بعد از جذب به ترتیب (mL)،  $m$  جرم بود. هیدروژل (g) PAM-AA،  $q$  ظرفیت جذب (mg/g) و  $w$  میزان حذف بود.

### نتایج و بحث

#### – طیف FTIR

طیف مادون قرمز AA، AM و PAM-AA در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که برای شکل AA، نوار جذب وسیع از  $3640 \text{ cm}^{-1}$  تا  $3190 \text{ cm}^{-1}$  به ارتعاش کششی پیوند O-H در گروه کربوکسیل نسبت داده شد. پیک در  $2930 \text{ cm}^{-1}$  با ارتعاش کششی پیوند C-H، پیک در  $1640 \text{ cm}^{-1}$  به ارتعاش کششی C=C و پیک‌های جذب قوی در  $1540 \text{ cm}^{-1}$  و  $1402 \text{ cm}^{-1}$  مربوط بود. ارتعاشات کششی متقارن و نامتقارن  $\text{COO}^-$  بود. در مورد شکل AM، نوار جذب در  $3394 \text{ cm}^{-1}$  به ارتعاش کششی پیوند N-H در آمید نوع اول نسبت داده شد. پیک قوی در  $2922 \text{ cm}^{-1}$  به ارتعاش کششی پیوند C-H نسبت داده شد و پیک قوی در  $1669 \text{ cm}^{-1}$  جذب مشخصه C=O بود.

شکل PAM-AA، نوار پهن از  $3590 \text{ cm}^{-1}$  تا  $3300 \text{ cm}^{-1}$  به پیوندهای O-H و N-H نسبت داده شد. پیک‌های  $1670 \text{ cm}^{-1}$  و  $1535 \text{ cm}^{-1}$  به ترتیب با جذب کششی C=O در پلی اکریلیک اسید و پلی آمید مطابقت داشتند. قله‌های  $1335 \text{ cm}^{-1}$  و  $2925 \text{ cm}^{-1}$  به ترتیب به جذب ایزوپروپیل و  $\text{CH}_2$ - نسبت داده شد و همه آن‌ها تشکیل کوپلیمر PAM-AA را تایید کردند.

فلاسک ۱۵۰ میلی لیتری سه گردنی مجهز به همزن، کندانسور و دماسنج اضافه شدند. با هم زدن شدید، مخلوط به آرامی تا دمای ۵۰ درجه سانتی گراد روی حمام آب گرم شد. پس از افزودن محلول MBA (۰/۰۰۵ گرم در میلی لیتر، ۱/۵ میلی لیتر) و محلول APS (۰/۱ گرم در میلی لیتر، ۱/۵ میلی لیتر)، مخلوط واکنش تا ۶۵ درجه سانتی گراد حرارت داده شد و به مدت ۲/۵ ساعت هم زده شد. ژل حاصل از ظرف واکنش خارج شد، به تکه‌های کوچک بریده شد و در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد تا وزن ثابت خشک شد.

#### – شناسایی

طیف مادون قرمز PAM-AA بر روی یک طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه (پرکین المر، ایالات متحده آمریکا) در محدوده ۴۰۰۰-۴۰۰ سانتی متر-۱ با استفاده از قرص KBr ثبت شد. مطالعات پایداری حرارتی بر روی آنالایزر حرارتی TGA2 (شرکت Mettler-Toledo، سوئیس)، با سرعت حرارت دهی ۱۰ سانتی گراد بر دقیقه در دماهای ۲۵ تا ۹۵۰ درجه سانتی گراد در محیط نیتروژن خشک انجام شد.

#### – مطالعات جذب

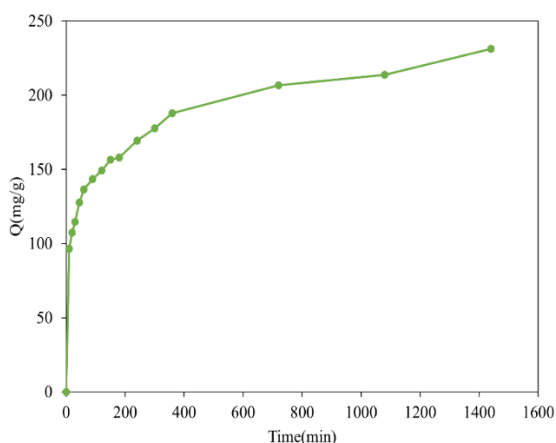
مقدار معینی از ذرات PAM-AA با حجم و غلظت دقیق به محلول‌های متیل اورانژ اضافه شد. پس از ارتعاش در یک پاک کننده اولتراسونیک (UP400S) و سپس ثابت ماندن برای مدت معینی در دمای اتاق، مخلوط فیلتر شده و مایع فیلتر به دست آمد. طولانی‌ترین زمان ارتعاش ۶ ساعت بود. جذب محلول‌های متیل اورانژ قبل و بعد از جذب در طول موج ۴۶۰ نانومتر بر روی دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل (Varian Carry 100 Conc) با استفاده از آب دیونیزه به عنوان محلول مرجع اندازه گیری شد. غلظت محلول‌های متیل اورانژ پس از جذب از روی منحنی استاندارد تعیین شد. ظرفیت جذب و سرعت حذف با توجه به معادله محاسبه شد.

(۱) و (۲) به ترتیب:

$$q = \frac{c_0 - c_t V_t}{m} \quad (1)$$

## - تاثیر زمان

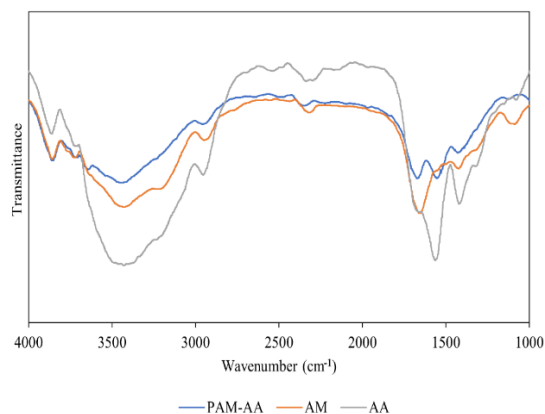
تاثیر زمان بر ظرفیت جذب در شکل ۳ نشان داده شده است. ظرفیت جذب در ۶ ساعت اول به سرعت افزایش یافت، سپس به آرامی افزایش و پس از ۲۴ ساعت به حداکثر رسید. ظرفیت جذب تعادلی ۲۳۱/۲۶ میلی گرم بر گرم بود. در مرحله اولیه تفاوت زیادی در غلظت متیل اورانژ و سطح هیدروژل PAM-AA وجود داشت که برای انتشار مولکول‌های متیل اورانژ مفید بود. علاوه بر این، موقعیت‌های جذب فعال روی سطح PAM-AA در مرحله اول کافی بود که منجر به سرعت بالای جذب شد. با افزایش زمان، نرخ جذب برای کاهش اختلاف غلظت و مصرف موقعیت‌های جذب فعال کاهش یافت. در نهایت، جذب به تعادل نزدیک شد زیرا غلظت متیل اورانژ بین بدنه اصلی و سطح PAM-AA برابر شد و موقعیت‌های جذب فعال مشخص شد.



شکل ۳: تاثیر زمان جذب بر q. شرایط: غلظت اولیه متیل اورانژ ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر، مقدار PAM-AA ۵۰ میلی گرم، دمای ۲۵ درجه سانتی گراد

## - تاثیر غلظت اولیه متیل اورانژ

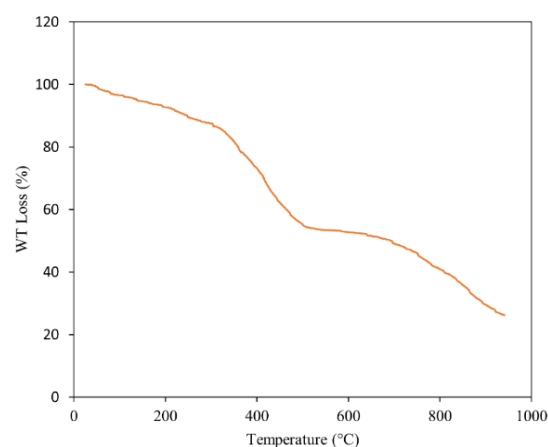
اثر غلظت اولیه متیل اورانژ بر ظرفیت جذب در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده شد، ظرفیت جذب با افزایش غلظت اولیه متیل اورانژ افزایش یافت. ظرفیت جذب اشباع ۳۵۹/۸۹ میلی گرم بر گرم بود. از آنجایی که غلظت بیش از ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود، مولکول‌های متیل اورانژ رسوب می کنند.



شکل ۱: طیف IR هیدروژل AA، AM، و PAM-AA

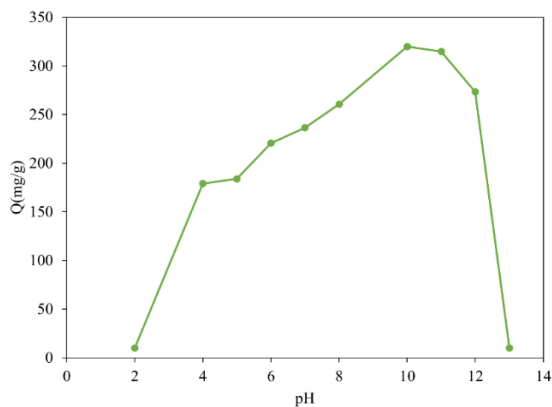
## - آنالیز وزنی حرارتی

منحنی TGA کوپلیمر PAM-AA در شکل ۲ ارائه شده است. مشاهده می شود که نمونه دو مرحله تخریب حرارتی را نشان می دهد. مرحله اول از ۳۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد (کاهش وزن ۰/۳۲ درصد) به دلیل تجزیه گروه‌های کربوکسیل و آسیلامین در کوپلیمر بود [۱۵]. مرحله دوم در محدوده ۶۶۰-۹۰۰ درجه سانتی گراد (کاهش وزن ۱۳/۵ درصد) بود که عمدتاً به شکستگی زنجیره‌های پلیمری نسبت داده می شود [۱۶]. در ۹۰۰ درجه سانتی گراد، باقی مانده ۰/۲۴ درصد بود که نشان می دهد کوپلیمر پایداری حرارتی خوبی از خود نشان می دهد.



شکل ۲: منحنی TGA هیدروژل PAM-AA

مقدار جذب ضعیفی حاصل می‌شود زیرا برهمکنش بین مولکول‌های جاذب و متیل اورانژ عمدتاً نیروهای الکترواستاتیکی است، از آنجایی که متیل اورانژ یک شاخص اسید-باز است، تغییر مقادیر pH محلول بر ساختار مولکولی متیل اورانژ تأثیر می‌گذارد. تا حد زیادی با افزایش اسیدیته محیط، مقدار کاتیون‌های آمونیوم روی متیل اورانژ افزایش یافت. با این حال، افزایش اسیدیته باعث کاهش میزان آنیون‌های کربوکسیلات در هیدروژل PAM-AA می‌شود. بنابراین، محدوده مناسب مقادیر pH برای دستیابی به نیروهای الکترواستاتیکی بین متیل اورانژ و جاذب بود.



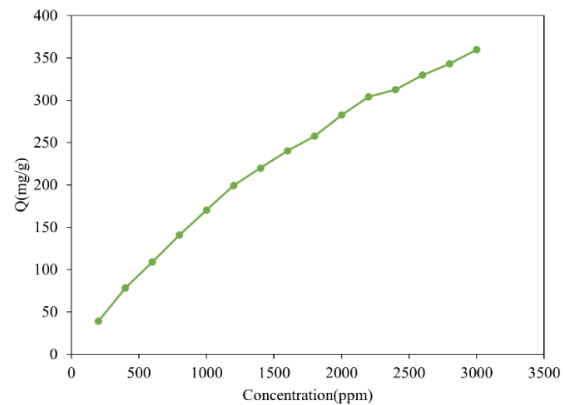
شکل ۵: تأثیر مقادیر pH بر q. شرایط: غلظت اولیه متیل اورانژ ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر، مقدار PAM-AA ۵۰ میلی گرم، زمان جذب ۲۴ ساعت، دمای ۲۵ درجه سانتی گراد

ایزوترم‌های جذب تعادلی یکی از مهم‌ترین داده‌ها برای بررسی مکانیسم‌های جذب بودند. پرکاربردترین ایزوترم‌ها مدل‌های لانگمویر [۱۸]، فروندلیچ [۱۹] بودند. معادله لانگمویر و شکل خطی آن به صورت معادله داده شد. (۳) و (۴) به ترتیب:

$$q_e = q_m \frac{bc}{1+bc} \quad (3)$$

$$\frac{c}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{c}{q_m} \quad (4)$$

با این حال، سرعت افزایش ظرفیت جذب کم‌تر از ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر بود و سپس با افزایش بیش‌تر غلظت متیل اورانژ به آرامی کاهش یافت. در غلظت‌های پایین، مقدار مولکول‌های متیل اورانژ کم بود در حالی که موقعیت‌های جذب فعال روی PAM-AA بزرگ بود که منجر به سرعت جذب سریع متیل اورانژ روی هیدروژل می‌شد. با این حال، با افزایش بیش‌تر غلظت متیل اورانژ، سطح هیدروژل با مولکول‌های متیل اورانژ پوشیده شد و موقعیت‌های جذب فعال روی PAM-AA به سرعت کاهش یافت که باعث کاهش سرعت جذب شد [۱۷].

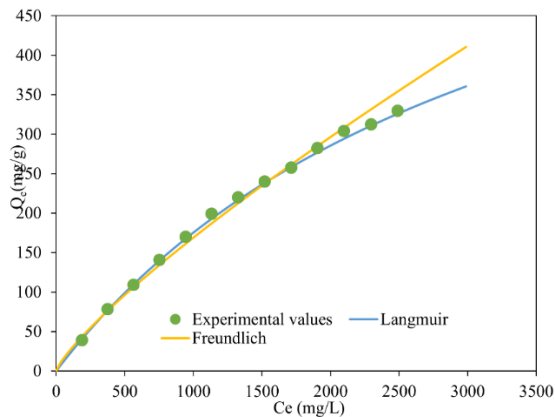


شکل ۴: تأثیر غلظت اولیه متیل اورانژ بر q. شرایط: زمان جذب ۲۴ ساعت، مقدار PAM-AA ۵۰ میلی گرم، دمای ۲۵ درجه سانتی گراد

#### - تأثیر pH

با توجه به واکنش متیل اورانژ در محیط‌های اسیدی و بازی، محلول‌های متیل اورانژ با pH‌های مختلف به شرح زیر تهیه شد: محلول‌های آبی با مقادیر مختلف pH با محلول‌های ۰/۱ مول بر لیتر HCl یا NaOH تهیه و سپس مقدار مشخصی متیل اورانژ در داخل محلول حل شد. از آنجایی که pH زیر ۶ یا بالاتر از ۱۳ بود، مقدار کمی رسوب تشکیل شد، مایع شفاف بالایی برای تعیین میزان جذب خارج شد. اثر مقادیر pH بر ظرفیت جذب در شکل ۵ نشان داده شده است. ظرفیت جذب برای مقدار pH بین ۴ تا ۱۲ قابل توجه است. در شرایطی که مقدار pH کم‌تر از ۴ یا بالاتر از ۱۲ باشد،

واضح بود که جذب متیل اورانژ روی هیدروژل PAM-AA در محلول‌های آبی معادلات لانگمویر و فروندلیچ را به خوبی برآورده کرد.



شکل ۶: نتایج منحنی تطابق شده را برای مدل همدمان نشان می‌دهد.

که در آن  $C$  غلظت ماده جاذب در حالت تعادل  $(\text{mg/L})$ ،  $q_e$  ظرفیت جذب تعادلی  $(\text{mg/g})$ ،  $q_m$  حداکثر ظرفیت جذب  $(\text{mg/g})$ ،  $b$  ضریب جذب بود. معادله فروندلیچ و شکل خطی آن در معادله نشان داده شده است. (۵) و (۶) به ترتیب:

$$q_e = k_F C^n \quad (5)$$

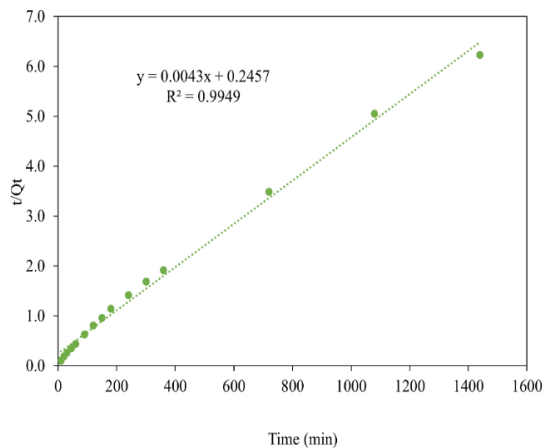
$$\log q_e = \log k_F + n \log C \quad (6)$$

که در آن  $K_F$  ثابت فروندلیچ بود که درجه ترکیب بین جاذب‌ها و جاذب‌ها را نشان می‌داد،  $n$  شاخصی بود که درجه غیرخطی جذب را منعکس می‌کرد. داده‌های شکل ۴ به ترتیب بر اساس ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ بررسی شد و شکل ۶ نتایج منحنی تطابق شده را برای مدل همدمان نشان می‌دهد و نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- پارامترهای ایزوترم‌های جذب

لانگمویر					فروندلیچ				
$R^2$	$Q_{max}$	$K_L$	RMSE	$\Delta Q_e\%$	$R^2$	$K_F$	$n$	RMSE	$\Delta Q_e\%$
۰/۹۹۴	۷۶۹/۲۳۱	۰/۰۰۰۳	۰/۲۷۹	۰/۱۲۹	۰/۹۹۳	۰/۶۲۲	۱/۲۳۳	۰/۶۹۴	۰/۳۴۳

حالت تعادل به ترتیب  $(\text{mg/g})$  داده‌های شکل ۳ به ترتیب بر اساس معادله شبه مرتبه اول و معادله شبه مرتبه دوم بررسی شد. این نشان داد که جذب متیل اورانژ در PAM-AA معادله شبه مرتبه دوم بهتر می‌باشد (شکل ۷) و همچنین نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است.



شکل ۷: نمودار جنبشی شبه مرتبه دوم

- سینتیک جذب

مدل‌های پویا برای توصیف پیشرفت و کارایی جذب از اهمیت بالایی برخوردار بودند. به طور کلی، دو مدل ریاضی بیشتر مورد استفاده قرار گرفت، معادله شبه مرتبه اول [۲۰] و معادله شبه مرتبه دوم [۲۱-۲۲]، همانطور که در معادلات به ترتیب نشان داده شده است. (۷) و (۸):

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \left(\frac{k_1}{2.303}\right)t \quad (7)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (8)$$

که در آن  $k_1$  ثابت سرعت جذب مرتبه اول شبه  $(\text{min}^{-1})$ ،  $k_2$  ثابت سرعت جذب شبه مرتبه دوم  $(\text{g/mg/min})$ ،  $t$  زمان جذب  $(\text{min})$ ،  $q_t$  و  $q_e$  بود. ظرفیت جذب در زمان  $t$  و در

جدول ۲- پارامترهای سینتیکی برای جذب متیل اورانژ روی هیدروژل PAM-AA

شبه مرتبه اول						شبه مرتبه دوم					
$Q_e$	$K_1$	$h_0$	$R^2$	RMSE	$\Delta Q_e\%$	$Q_e$	$K_2$	$h_0$	$R^2$	RMSE	$\Delta Q_e\%$
۱۰۸/۲۱	۰/۰۰۱۹	۰/۲۱	۰/۹۴	۱۱۸/۶۱	۸۱/۴۷	۲۳۲/۵۶	۰/۰۰۰۰۸	۴/۰۷	۰/۹۹	۲۴/۶۶	۲۳/۱۳

their implications for ecosystems: A review. *Science of the total environment*, 717, p.137222.

[7] Manafi, M.R., Manafi, P., Agarwal, S., Bharti, A.K., Asif, M. and Gupta, V.K., 2017, Synthesis of nanocomposites from polyacrylamide and graphene oxide: application as flocculants for water purification. *Journal of colloid and interface science*, 490, pp.505-510.

[8] Mohanraj, J., Durgalakshmi, D., Balakumar, S., Aruna, P., Ganesan, S., Rajendran, S. and Naushad, M., 2020, Low cost and quick time absorption of organic dye pollutants under ambient condition using partially exfoliated graphite. *Journal of Water Process Engineering*, 34, p.101078.

[9] Foroutan, R., Peighambaroust, S.J., Esvandi, Z., Khatooni, H. and Ramavandi, B., 2021, Evaluation of two cationic dyes removal from aqueous environments using CNT/MgO/CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> magnetic composite powder: A comparative study. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), p.104752.

[10] Jayanthi, S., Eswar, N.K., Singh, S.A., Chatterjee, K., Madras, G. and Sood, A.K., 2016, Macroporous three-dimensional graphene oxide foams for dye adsorption and antibacterial applications. *RSC advances*, 6(2), pp.1231-1242.

[11] Auta, M. and Hameed, B.H., 2014, Chitosan-clay composite as highly effective and low-cost adsorbent for batch and fixed-bed adsorption of methylene blue. *Chemical engineering journal*, 237, pp.352-361.

[12] Fleischmann, C., Lievenbrück, M. and Ritter, H., 2015, Polymers and dyes: developments and applications. *Polymers*, 7(4), pp.717-746.

[13] Ghobashy, M.M. and Elhady, M.A., 2017, pH-sensitive wax emulsion copolymerization with acrylamide hydrogel using gamma irradiation for dye removal. *Radiation Physics and Chemistry*, 134, pp.47-55.

[14] Kanagaraj, T. and Thiripuranthagan, S., 2017, Photocatalytic activities of novel SrTiO<sub>3</sub>-BiOBr heterojunction catalysts towards the degradation of reactive dyes. *Applied Catalysis B: Environmental*, 207, pp.218-232.

[15] Behera, S. and Mahanwar, P.A., 2020, Superabsorbent polymers in agriculture and other applications: A review. *Polymer-Plastics Technology and Materials*, 59(4), pp.341-356.

[16] Ahmad, S., Ahmad, M., Manzoor, K., Purwar, R. and Ikram, S., 2019, A review on latest innovations in natural gums based hydrogels: Preparations & applications. *International journal of biological macromolecules*, 136, pp.870-890.

[17] Pavithra, K.G. and Jaikumar, V.J.J.O.I., 2019, Removal of colorants from wastewater: A review on sources and treatment strategies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 75, pp.1-19.

[18] Al-Ghouti, M.A. and Da'ana, D.A., 2020, Guidelines for the use and interpretation of adsorption isotherm models: A review. *Journal of hazardous materials*, 393, p.122383.

[19] Manafi, M.R., Manafi, P. and Pircheraghi, G., 2017, Rheological Properties of Nanocomposite Aqueous Dispersions Based on Poly (acrylamide-co-acrylic acid) and Carbon Nanotube. *Iranian Journal of Polymer Science and Technology*, 30(3), pp.207-219.

[20] Samadzadeh Mamaghani, A., Manafi, M.R., Hojjati, M., 2023, Synthesis, Characterization and properties of Hydrogel based on acrylic acid for removal of zinc ion from wastewater. *Iranian Journal of Organic Chemistry*, under the process of publication

## نتیجه گیری

هیدروژل PMA-AA را که با پلیمریزاسیون رادیکال آزاد و با استفاده از آمونیوم پرسولفات (APS) به عنوان آغازگر و N',N-متیلن بیس اکریل آمید (MBA) به عنوان یک اتصال دهنده تهیه شد. هیدروژل PAM-AA برای حذف متیل اورانژ از محلول‌های آبی آن موثر بود. در شرایطی که غلظت اولیه متیل اورانژ ۳۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود، ظرفیت جذب تعادلی ۳۵۹/۸۹ میلی گرم در لیتر بود. نتایج نشان می‌دهد که هیدروژل PAM-AA می‌تواند به عنوان جاذب برای آلاینده های آب مانند متیل اورانژ استفاده شود. جذب متیل اورانژ روی هیدروژل PAM-AA با هر دو ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ مطابق داشت و همچنین فرآیند جذب مطابق با مدل سینتیکی شبه مرتبه دوم بود.

## سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب کمال تشکر را داریم.

## منابع

- [1] Singh, N.B., Nagpal, G. and Agrawal, S., 2018, Water purification by using adsorbents: a review. *Environmental technology & innovation*, 11, pp.187-240.
- [2] Rafiq, A., Ikram, M., Ali, S., Niaz, F., Khan, M., Khan, Q. and Maqbool, M., 2021, Photocatalytic degradation of dyes using semiconductor photocatalysts to clean industrial water pollution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 97, pp.111-128.
- [3] Alharby, N.F., Almutairi, R.S. and Mohamed, N.A., 2021, Adsorption behavior of methylene blue dye by novel crosslinked O-CM-Chitosan hydrogel in aqueous solution: Kinetics, isotherm and thermodynamics. *Polymers*, 13(21), p.3659.
- [4] Bello, O.S., Adegoke, K.A., Olaniyan, A.A. and Abdulazeez, H., 2015, Dye adsorption using biomass wastes and natural adsorbents: overview and future prospects. *Desalination and Water Treatment*, 53(5), pp.1292-1315.
- [5] Behera, M., Nayak, J., Banerjee, S., Chakraborty, S. and Tripathy, S.K., 2021, A review on the treatment of textile industry waste effluents towards the development of efficient mitigation strategy: An integrated system design approach. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), p.105277.
- [6] Tkaczyk, A., Mitrowska, K. and Posyniak, A., 2020, Synthetic organic dyes as contaminants of the aquatic environment and

[21] Samadzadeh Mamaghani, A., Manafi, M.R., Hojjati, M., 2023, Synthesis, Characterization and properties of Hydrogel based on Acrylic Acid Composite for removal of cadmium ion from wastewater. Iranian Journal of Organic Chemistry, under the process of publication

[22] Salleh, M.A.M., Mahmoud, D.K., Karim, W.A.W.A. and Idris, A., 2011, Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: a comprehensive review. Desalination, 280(1-3), pp.1-13.