**خواص رنگبری ورقه های کامپوزیت آلژینات/نانولوله کربنی**

نوشین سلمان تبریزی 1\*، مریم یاوری2

|  |  |
| --- | --- |
| 1\* عضو هیات علمی پژوهشکده انرژی پژوهشگاه مواد و انرژی | s.tabrizi@merc.ac.ir |
| 2 کارشناس آزمابشگاه محیط زیست پژوهشگاه مواد و انرژی | melika.yavari8@gmail.com |

# چكيده

جذب سطحی یکی از روش های متداول در حذف آلاینده های آبی است که بدلیل سهولت راهبری، هزینه­ی سرمایه گذاری و عملیاتی کمتر، سادگی طراحی، و امکان استفاده از طیف وسیعی از جاذب­ها کاربرد فراوانی دارد. در این تحقیق، جاذبی از کامپوزیت آلژینات و نانولوله کربنی بصورت ورقه ای ساخته و از آن جهت جذب رنگ های متیلن بلو و متیل رد استفاده شد. نتایج نشان داد که در حالیکه آلژینات به تنهایی قادر به رنگبری موثر نبوده (21% حذف پس از 48 ساعت)، کامپوزیت ساخته شده بطور موثری قادر به رنگبری بوده است (98% حذف پس از 48 ساعت). تست های تکمیلی نشان داد که نانولوله های کربنی نقش اصلی در رنگبری داشته اند. از فوائد کامپوزیت ساخته شده سهولت جدا سازی آن از محلول بدلیل ابعاد ماکروسکوپیک آن ( با اشکال دیسک، ورقه، گرانول..) و لذا کاهش هزینه های جداسازی پس از تکمیل فرآیند می باشد.

**کليدواژه­ها:** کامپوزیت نانولوله کربنی، رنگبری، آلژینات، متیل رد

**Decolorization properties of alginate/carbon nanotube composite sheets**

**N. Salman Tabrizi1\*, M. Yavari2**

|  |  |
| --- | --- |
| 1\*Assistant Professor, Energy Department, Materials and Energy Research Center | s.tabrizi@merc.ac.ir |
| 2 Lab Assistant, Energy Department, Materials and Energy Research Center | melika.yavari8@gmail.com |

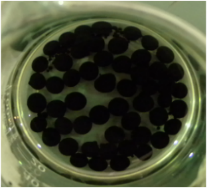
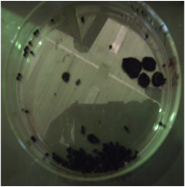
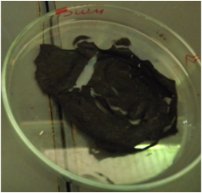
**Abstract**

Adsorption is one of the common methods in the removal of water pollutants, which is widely used due to ease of management, lower investment and operating costs, simplicity of design, and the possibility of using a wide range of adsorbents. In this study, an adsorbent was made of alginate and carbon nanotube composite sheets and used to adsorb methylene blue and methyl red dyes from water. The results showed that while alginate alone was not able to decolorize the solution effectively (21% removal after 48 hours), the composite showed a strong decolorization ability (98% removal after 48 hours). Additional tests showed that carbon nanotubes played the major role in decolorization process. One of the advantages of the composite is its ease of separation from the solution due to its macroscopic dimensions (in the form of disks, sheets, granules, etc.) and therefore the reduction of separation costs after the completion of the process.

**Keywords:** Carbon nanotube composite, Decolorization, Alginate, Methyl red.

**مقدمه**

در دهه های اخیر توجه زیادی به کاربردهای گوناگون نانو لوله های کربنی (CNTs) شده است. خواص برجسته ای مانند وزن سبک، سطح ویژه بالا، پایداری شیمیایی والکتروشیمیایی، هدایت الکتریکی و گرمایی، و استحکام مکانیکی بالا نانولوله های کربنی را برای کاربردهای محیط زیستی مانند جذب، فیلتراسیون و جدا سازی مطرح ساخته است [1]. متیلن بلو یکی از متداول ترین رنگ ها برای رنگ آمیزی پشم، پنبه، و ابریشم است. از آنجا که رنگ های موجود در پساب می توانند مسائل زبست محیطی حادی ایجاد نمایند، بایستی قبل از تخلیه به محیط حذف شوند. فرآیند های حذف رنگ به سه گروه عمده بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی دسته بندی می شود [2]. از بین روش های گوناگون، جذب سطحی بدلیل سهولت راهبری، هزینه کم سرمایه گذاری و عملیاتی، طراحی ساده، تنوع جاذبها بطور وسیعی مورد توجه می باشد [3].



هیدروژل ها شبکه های سه بعدی اتصال یافته از پلیمر های محلول در آب هستند. هیدروژل ها می توانند از انواع پلیمرهای محلول در آب با اجزاء شیمیایی مختلف و خواص فیزیکی متفاوت ساخته شوند. بعلاوه هیدروژل ها را می توان به اشکال فیزیکی مختلف مانند قطعات، ذرات میکرو، ذرات نانو، پوشش ها، و فیلم ها فرموله نمود. هیدروژل ها در دامنه وسیعی از کاربرد ها مانند مهندسی بافت، داروهای باز تولید شونده، تشخیصی، تثبیت سلولی، جداسازی مولکول های زیستی یا سلول ها، مواد سد کننده جهت تنظیم چسبندگی های زیستی می توانند مورد استفاده قرار گیرند .[4] در این پژوهش، ابتدا هیدروژل های کامپوزیتی نانولوله کربنی و بایوپلیمر آلژینات سنتز شده و پس از خشک شدن، از آن جهت جذب سطحی رنگ متیلن بلو و نیز رنگ آزو متیل رد استفاده شده است.

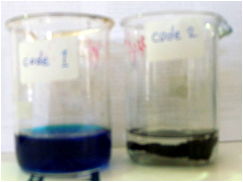
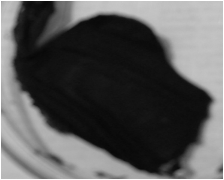
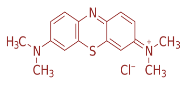
**روش کار**

در این روش 2 گرم نانو لوله کربنی در 100 میلی لیتر آب مقطر با استفاده از امواج ماوراء صوت و در درجه حرارت محیط برای نیم ساعت دیسپرس شده و سپس تا درجه حرارت C° 50 حرارت داده شد. سپس 1 گرم آلژینات که یک پلی ساکارید آنیونیک است (NaC6H7O6) به آرامی به مخلوط اضافه گردیده در حالیکه مخلوط با سرعت rpm 1000 برای بدست آوردن مخلوط یکنواخت بهم زده میشد. مخلوط برای نیم ساعت دیگر در همین درجه حرارت و سرعت هم زدن نگه داشته شده و سپس به آرامی و قطره - قطره به محلول 3% وزنی کلسیم کلراید اضافه گردید. قطرات به محض داخل شدن در محلول فوق به دانه تبدیل شده سپس با صافی از محلول جدا و بمدت 12 ساعت در محیط قرار گرفته و بعد به مدت 14 ساعت در آون و در دمای C° 70 خشک گردیدند. اشکال مختلف مانند دانه، صفحه، میله و ... را می توان با استفاده از این روش سنتز نمود.

شكل1: اشکال مختلف حاصل از کامپوزیت آلژینات – نانولوله کربنی (کروی- دیسکی-ورقه ای)

**نتایج**

جهت بررسی کیفی خاصیت رنگبری ورقه ای از کامپوزیت آلژینات/نانولوله کربنی چند دیواره به عنوان جاذب، از رنگ های متیلن بلو و متیل رد استفاده شد. در آزمایش های جذب، غلظت رنگ ها g/L 0.03 و وزن جاذب g 0.5 و حجم محلول mL 20 میلی لیتر بود. غلظت رنگ ها با روش فوتواسپکترومتری اندازه گیری شد. متیلن بلو یک ترکیب شیمیایی آروماتیک هتروسیکلیک با فرمول شیمیایی C16H18N3SCl است که از انحلال آن در آب رنگ آبی ایجاد شده و پیک طیف جذب آن در nm 665 است.



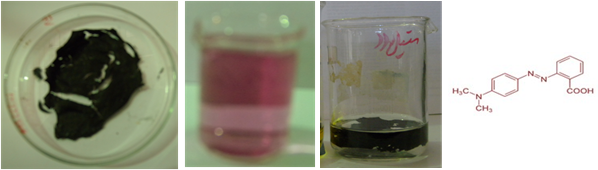
شکل 2: جاذب و محلول رنگبری شده متیلن بلو توسط جاذب کامپوزیتی(بالا) و طیف جذب آنها (پایین)



شکل 3: طیف جذب متیلن بلو و محلول حاوی آن و نانولوله کربنی

همانگونه که در شکل 2 مشاهده می شود جاذب کامپوزیتی فوق قادر به رنگبری کامل متیلن بلو بوده است. جهت مقایسه، فرآیند جذب یک بار دیگر برای CNT خالص هم در شرایط ذکر شده در بالا صورت گرفت و دیده شد که CNT به تنهایی هم قادر به رنگبری کامل هستند (شکل 3).

متیل رد یا اسید رد 2 با فرمول شیمیایی C15H15 N3O2 یک معرف رنگی است که در محلول های اسیدی قرمز رنگ می شود. این رنگ از نوع آزو بوده و بصورت پودر کریستالی قرمز می باشد. و پیک طیف جذب آن در nm 534 است. شکل 4 نشان می دهند که کامپوزیت سنتز شده رنگیری را بطور کامل انجام داده است.



شکل 4: محلول رنگبری شده متیل رد توسط جاذب کامپوزیتی (بالا) و طیف جذب آنها (پایین)

جهت بررسی رفتار CNT به تنهایی در جذب رنگ متیل رد، آزمایش جذب در شرایط ذکر شده مجدداً انجام شد. شکل 5 نشان می دهد که CNT یه تنهایی نیز قادر به حذف این رنگ آزو که از رنگ های شدیداً آلاینده می باشد نیز موثر عمل کرده است.



شکل 5: طیف جذب متیل رد و محلول آن با نانولوله کربنی

قدرت رنگبری آلژینات به تنهایی، با تهیه گرانول های آن از محلول ا% وزنی که به روش ذکر شده در بالا تهیه شده بود بررسی شد. در کلیه آزمایش های جذب که منتج به شکل ذیل گردید از محلول متیلن بلواستفاده شد. جهت مقایسه، رنگ متیلن بلو با آلژینات و کامپوزیت آلژینات و کربن اکتیو نیز مورد رنگبری قرار گرفت. همانگونه که در شکل 6 مشاهده می شود آلژینات به تنهایی قدرت رنگبری ناچیزی دارد ولی وقتی به آن نانولوله کربنی (تک دیواره یا چند دیواره) اضافه می شود بهبود چشمگیری در عملکرد آن دیده می شود که با کربن فعال قابل مقایسه هستند. مکان های جذب مولکول های رنگ بر روی نانو لوله های کربنی می تواند داخل لوله ها، روی سطوح خارجی، شیار های خارجی بین لوله ها، بین نشینی باشد [5]. مکانیزم جذب می تواند شامل اثرات آب گریزی، پشته سازی ((stacking π-π، پیوندهای هیدروژنی، پیوندهای کووالانت، برهم کنش های الکترواستاتیک و واندر والس باشد [6].



شکل 6: حذف متیلن بلو با جاذب های مختلف نسبت به زمان

**نتيجه‌گيري**

در این تحقیق قدرت رنگبری کربن نانوتیوب چند دیواره بصورت خالص و نیز کامپوزیت با آلژینات و نیز خالص در حذف رنگ های بشدت آلاینده متیلن بلو و متیل رد مورد بررسی قرار گرفت. اگر چه هر دوجاذب قادر به حذف کامل رنگ در شرایط عملیاتی بودند، اما جاذب کامپوزیتی بدلیل شکل ماکروسکوپیک آن که بصورت ورقه ای بود بسیار راحت تر از محلول جدا شده و عملیات بعدی جداسازی فازهای مایع-جامد را تسهیل نموده و لذا امکان کاهش هزینه های فرآیندی را فراهم می آورد.

**مراجع و منابع**

[1] N. Salman Tabrizi and M. Yavari, Adsorption of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Silk Cocoon, International Journal of Engineering. 2016. 29(9): p. 1191-1197

[2] I. Ali, New generation adsorbents for water treatment. Chemical Reviews, 2012. 112(10): p. 5073-91

[3] G. Crini, Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review, Bioresource Technology, 2006. 97(9): p. 1061-1085

[4] T.R. Hoare, and D.S. Kohane, Hydrogels in drug delivery: Progress and challenges. Polymer, 2008. 49(8): p. 1993-2007

[5] X. Ren, et al., Carbon nanotubes as adsorbents in environmental pollution management: A review. Chemical Engineering Journal, 2011. 170(2-3): p. 395-410

[6] S. Wang, Synergistic and competitive adsorption of organic dyes on multiwalled carbonnanotubes. Chemical Engineering Journal, 2012. 197: p. 34-40