



شرکت مهندسی آب و فاضلاب گستر

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



1145P-NWWCE

بررسی حذف ماده رنگزای زرد بازی ۲ از محلول آبی با استفاده از ساقه نی

حسن اقدسی نیا^۱، مهرناز قلی زاده^۲، فاطمه وفا پور^۳

۱- عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه تبریز

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه تبریز

۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی، دانشگاه تبریز

Mehrnaz.gh21@yahoo.com

خلاصه

محدودیت منابع آبی، خطر بحران آب در کشور و اهمیت بازیابی مجدد آب به همراه افزایش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به وسیله مواد رنگزا و سایر آلاینده‌های حاصل از فاضلاب‌ها، یافتن راه‌حل‌های مؤثر و اقتصادی محیط‌زیستی را در جهت حذف این مواد از منابع آبی ضروری می‌سازد. در این راستا استفاده از پسماندهای ارزان قیمت می‌تواند بسیار راه‌گشا باشد. پسماندهای کشاورزی در میان بیوجاذب‌ها بیشترین کاربرد را دارند. مزیت‌های این ترکیبات شامل هزینه کم، بازده مناسب، حداقل ضایعات و مواد باقیمانده و قابل بازیافت کردن می‌باشد. در این تحقیق حذف ماده رنگزای کاتیونی زرد بازی ۲ از محلول آبی با استفاده از ساقه نی، با هدف معرفی یک جاذب ارزان، مؤثر و در دسترس در یک فرآیند ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفته است. اثر عوامل مختلف مانند pH محلول، غلظت رنگ، مقدار جاذب و زمان تماس در جذب ماده رنگزای زرد بازی ۲ بر روی ساقه نی بررسی شد. زمان بهینه در این تحقیق دو ساعت به دست آمد. ایزوترم‌های جذب لانگمویر و فرندلیچ مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که فرآیند جذب از ایزوترم جذب لانگمویر با ضریب تعیین $R^2 = 0.956$ پیروی می‌کند.

کلمات کلیدی: حذف ماده رنگزا، زرد بازی ۲، محلول آبی، پسماند کشاورزی، ساقه نی

۱. مقدمه

امروزه کاربرد مواد رنگزا در صنایعی نظیر نساجی، صنایع غذایی، کاغذ، فرش‌بافی، پلاستیک، لاستیک، لوازم بهداشتی - آرایشی گسترش یافته و حدود ۱۵ درصد از این مواد رنگزا که غالباً به دلیل پایداری زیاد زیست تخریب ناپذیر بوده و آلوده‌کننده‌های محیط‌زیست به شمار می‌آیند، در مراحل مختلف تولید، در قالب پساب‌های رنگی، وارد محیط‌زیست می‌گردند [۱]. رنگرها حتی در غلظت بسیار پایین هم موجب کاهش زلالی و شفافیت آب می‌شوند و با کاهش نفوذ نور بر روی فعالیت‌های فتوسنتزی و فتوشیمیایی اثر می‌گذارند. بنابراین کارخانه‌های استفاده‌کننده از این مواد رنگزا همیشه ملزم به استفاده از تکنیک‌های مؤثر و مناسب از نظر اقتصادی برای حذف مواد رنگزا می‌باشند [۲]. در حال حاضر روش‌های مختلف شیمیایی، فیزیکی، بیولوژیکی و یا روش‌های تلفیقی برای حذف رنگ از محلول‌های آبی استفاده می‌شود. این روش‌ها شامل جذب سطحی، الکترودیالیز، اکسیداسیون پیشرفته، انعقاد و لخته‌سازی، غشاء تبادل یونی، اولترافیلتراسیون، تجزیه فتوکاتالیستی و اسمز معکوس می‌باشند. در میان تکنولوژی‌های موجود تصفیه آب، فرآیند جذب سطحی به دلیل راحتی، سهولت عمل و سادگی طراحی مناسب‌تر است [۳]. واژه جذب سطحی به تجمع ماده در رابط بین دو فاز از قبیل جامد و مایع یا جامد و گاز اشاره دارد. ماده‌ای که در رابط تجمع می‌یابد جذب شونده و جامدی که در آن جذب سطحی اتفاق می‌افتد جاذب نام دارد. عوامل مؤثر در جذب در سطحی عبارتند از مساحت سطحی، ماهیت و غلظت اولیه ماده جذب شونده، pH محلول، دما، تداخل مواد و ماهیت و مقدار جاذب [۴]. محصولات کشاورزی به‌ویژه آن‌هایی که حاوی سلولز هستند، ظرفیت بالقوه‌ای برای جذب آلاینده‌های مختلف از خود نشان می‌دهند. از خصوصیات بارز پسماندهای کشاورزی می‌توان به اقتصادی بودن، سازگاری با محیط‌زیست با توجه به ترکیب شیمیایی منحصر به فرد، در

دسترس بودن به مقدار زیاد، تجدید پذیر بودن و هزینه کم اشاره کرد که این موارد باعث شده است این مواد به عنوان گزینه‌ای برای پالایش آب و پساب مطرح شوند [۵].

وانگ در سال ۲۰۰۸ ظرفیت و مکانیزم جذب دو رنگ متیلن بلو و مالاکیت سبز را با استفاده از سبوس برنج و سبوس گندم بررسی کردند. جذب هر دو رنگ پایه وابسته به pH بود [۶]. از ساقه آناس برای حذف متیلن بلو توسط حمید و همکارانش در سال ۲۰۰۹ استفاده شده است. فرآیند در غلظت‌های مختلف رنگ، زمان تماس و pH انجام شد. حداکثر جذب برای حذف متیلن بلو ۱۱۹/۰۵ میلی گرم بر گرم بوده است [۷]. در سال ۲۰۱۰ فاتیح دنیز و سادات جذب بیولوژیکی اسید اورانژ ۵۲ را با استفاده از پودر برگ درخت شاهزاده خانوم در شرایط مختلف آزمایشگاهی بررسی کردند. نتایج نشان داد که پودر برگ شاهزاده خانوم می‌تواند به عنوان یک جاذب جدید و ارزان قیمت برای جذب اسید اورانژ ۵۲ مورد استفاده قرار گیرد. حداکثر مقدار جذب در $pH = 2$ میلی گرم بر گرم جاذب بود. همچنین نشان داده شد که ظرفیت جذب با افزایش غلظت اولیه رنگ افزایش می‌یابد [۸]. فاتیح دنیز و همکارانش در سال ۲۰۱۱ حذف رنگ مستقیم قرمز ۴۶ از محلول آبی به وسیله برگ‌های درخت کاج بررسی کردند. در این بررسی نشان داده شد که برگ‌های درخت کاج می‌تواند یک جاذب مطلوب برای حذف رنگ مستقیم قرمز ۴۶ باشند. مطالعات ترمودینامیکی نشان داد که فرآیند جذب مطلوب و گرماگیر است. همچنین مقدار جذب با افزایش دما افزایش می‌یابد. جذب رنگ مستقیم قرمز ۴۶ در $pH = 2$ کمترین مقدار را داشت و تا $pH = 6$ افزایش یافت و سپس دوباره کاهش یافت [۹].

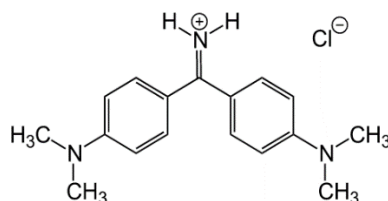
۲. مواد و روش

۲-۱ آماده سازی جاذب

ساقه نی مورد استفاده در این تحقیق از دانشگاه تبریز جمع آوری شد. سپس برای پاکسازی هرگونه آلودگی چندین بار با آب مقطر شسته شد و به مدت ۲۴ ساعت در درمای ۸۰ درجه سانتی گراد در آون خشک شد. پس از خشک شدن ساقه ها در آسیاب خرد شدند تا به ذرات ریزی تبدیل شوند.

۲-۲ تهیه محلول رنگ

برای تهیه محلول رنگ، از رنگ زرد بازی ۲ ساخت شرکت نساج ثابت تهران استفاده شد. این رنگ از رنگ‌های کاتیونی بوده و از رنگ‌های پرمصرف در صنعت نساجی می باشد. شکل ۱ فرمول ساختاری این رنگ را نشان می‌دهد. برای تهیه محلول رنگ ابتدا ۱ گرم از رنگ را در ۱۰۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل کرده و از این محلول به عنوان محلول مادر در انجام آزمایشها استفاده شد. غلظت‌های کاربردی جهت انجام آزمایشها در پنج غلظت ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ میلی گرم در لیتر بود. سپس محلول‌های مورد نظر در تماس با مقادیر ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ قرار گرفتند. سپس اثر pH، غلظت اولیه محلول رنگ، مقدار جاذب و زمان تماس مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱. فرمول ساختاری رنگ زرد بازی ۲



۳-۲ روش انجام آزمایش

جهت سنجش غلظت رنگ مورد استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتر (SPECORD 250, analytkjena, Germany) استفاده شد. طول موج ماکزیمم رنگ مورد استفاده ۴۳۳ نانومتر تعیین گردید و بر اساس آن منحنی استاندارد رسم شد. کلیه نمونه‌ها پس از جذب از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و محلول زیر صافی با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتر آنالیز شد تا غلظت رنگ پس از جذب اندازه‌گیری شود. جهت تنظیم pH از محلول هیدروکلریک (ایران، مجللی، ۳۷٪) و سدیم اکسید (ایران، مجللی، ۹۷٪) ۰/۱ مولار استفاده شد. برای اندازه‌گیری pH، از دستگاه pH متر (Iran فن آزماگستر HM21) به کار برده شده است.

۳. بحث و نتایج

۳-۱ اثر زمان تماس

با افزایش زمان تماس در یک شرایط ثابت، راندمان حذف رنگ افزایش یافت. با افزایش زمان تماس از پانزده دقیقه، به دو ساعت راندمان حذف از ۵۳/۸ درصد به ۷۹/۷ درصد افزایش یافت (شکل شماره ۲). زمان بهینه در این آزمایش دو ساعت به دست آمد. این افزایش جذب می‌تواند ناشی از افزایش تعداد برخوردهای بین آلاینده و جاذب باشد که هرچه زمان ماند بیشتر شود احتمال برخورد بیشتر شده و جذب آلاینده به وسیله جاذب مورد نظر افزایش می‌یابد [۱۰].

۳-۲ اثر غلظت رنگ اولیه

راندمان حذف رنگ به شدت وابسته به غلظت اولیه رنگ است. اثر غلظت اولیه رنگ به رابطه بین غلظت رنگ و محل های اتصال موجود در سطح جاذب متکی است. بنابراین بازده جذب با افزایش غلظت اولیه رنگ به دلیل سایت های اشباع شده جذب سطحی روی جاذب کاهش خواهد یافت [۱۰]. سایت های خالی روی سطح جاذب در غلظت پایین رنگ وجود خواهد داشت. وقتی غلظت اولیه رنگ افزایش میابد سایت های خالی برای جذب مولکول های رنگ به میزان کافی وجود ندارد بنابراین منجر به کاهش راندمان حذف خواهد شد [۱۱]. شکل شماره ۳ نشان می دهد که با افزایش غلظت اولیه رنگ از ۲۰ میلی گرم بر لیتر به ۶۰ میلی گرم بر لیتر راندمان حذف از ۷۹/۰۷ به ۶۴/۴۵ کاهش یافته است. غلظت بهینه رنگ ۲۰ میلی گرم بر لیتر به دست آمد.

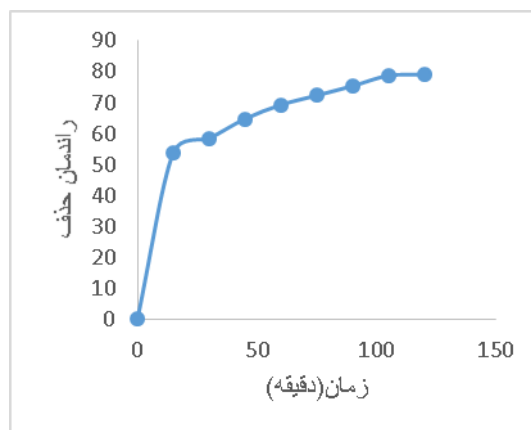
۳-۳ اثر مقدار جاذب

مقدار جاذب یک پارامتر مهم به منظور تعیین توانای جاذب برای اندازه‌گیری میزان ظرفیت جذب است. برای مطالعه اثر مقدار جاذب روی فرایند جذب میتوان محلول جاذب و ماده جذب شده را با مقادیر مختلف جاذب در غلظت اولیه ثابت تهیه کرد. سپس تا زمان تعادل بهم زد. به طور کلی حذف رنگ با افزایش مقدار جاذب افزایش می یابد تا جایی که سایت های جاذب در سطح جاذب به وسیله افزایش مقدار جاذب افزایش خواهد یافت در نتیجه درصد حذف رنگ از محلول افزایش می‌یابد [۱۲]. نتایج حاصل از انجام آزمایشات طبق شکل شماره ۴ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار جاذب در شرایط ثابت راندمان حذف افزایش می‌یابد. با افزایش مقدار جاذب از ۰/۱ به ۰/۵ راندمان حذف از ۷۰/۰۷ به ۹۴/۱۵ افزایش یافته است.

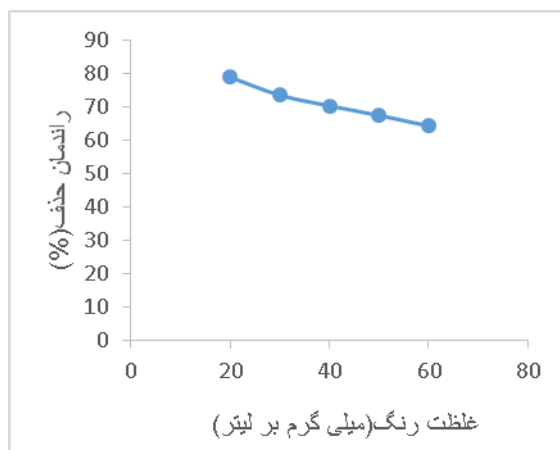
۳-۴ اثر pH اولیه

pH محلول یک پارامتر مهم در فرآیند جذب به ویژه جذب رنگ محسوب می شود. در حالت کلی در pH پایین محلول، در صد حذف رنگ برای رنگ های کاتیونی کاهش خواهد یافت در حالی که برای رنگ های آنیونی افزایش میابد. در pH پایین محلول، بار مثبت در سطح مشترک محلول

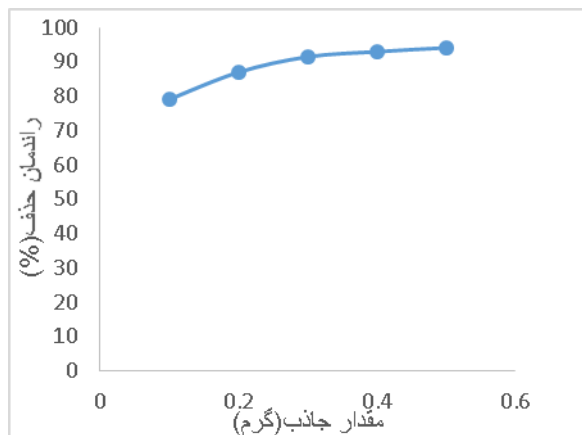
افزایش می یابد درحالی که سطح جاذب دارای بار مثبت است که نتیجه کاهش جذب رنگ های کاتیونی است [۱۱]. به منظور بررسی اثر پارامتر pH بر راندمان حذف مطالعات در پنج محدوده pH انجام گرفت. نتایج مرتبط با تاثیر تغییرات pH در شکل شماره ۵ نشان داده شده است.



شکل ۲- اثر زمان تماس بر راندمان حذف
(مقدار جاذب ۰/۱ گرم، pH=۷، غلظت رنگ ۲۰ میلی گرم بر لیتر)

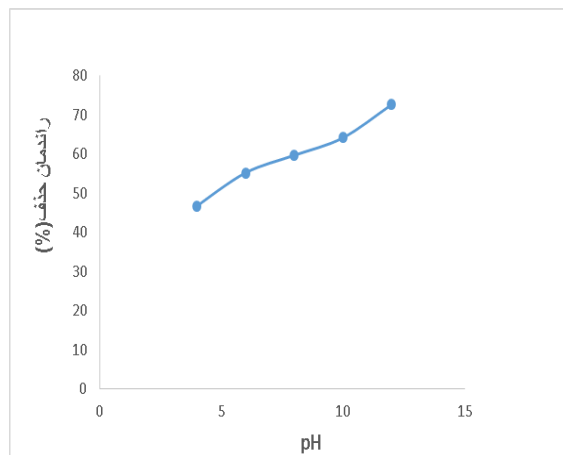


شکل ۳- اثر غلظت اولیه رنگ بر راندمان حذف
(مقدار جاذب ۰/۱ گرم، pH=۷ و زمان تماس دو ساعت)



شکل ۴- اثر مقدار جاذب بر راندمان حذف

(غلظت رنگ ۲۰ میلی گرم بر لیتر، pH=۷ و زمان تماس دو ساعت)



شکل ۵- اثر pH بر راندمان حذف

(غلظت رنگ ۲۰ میلی گرم بر لیتر، مقدار جاذب ۰/۱ گرم و زمان تماس دو ساعت)

۳-۵ ایزوترم‌های جذب

تجزیه و تحلیل داده های تعادلی جذب به وسیله انطباق آن‌ها با مدل‌های ایزوترمی مختلف یک گام مهم برای یافتن مدلی مناسب است. ایزوترم جذب برای توصیف این که ماده جذب شده چگونه می‌تواند با جاذب ارتباط برقرار کند مهم است و ما را از ظرفیت جاذب آگاه می‌کند. دو مدل شناخته شده ایزوترم‌های جذب مدل لانگمویر و فرندلیچ است. شکل عمومی و خطی معادله لانگمویر در رابطه‌های ۱ و ۲ آمده است.

$$q_e = \frac{q_m k_L C_e}{1 + k_L C_e} \quad (1)$$

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{[(k_L q_m) C_e]} + \frac{1}{q_m} \quad (2)$$

که در این معادلات q_m ، C_e ، q_e و k_L به ترتیب میلی گرم جذب شده به ازای واحد جرم جاذب در شرایط تعادل (mg/g)، غلظت تعادلی آلاینده (ppm)، میلی گرم جذب شده به ازای واحد جرم جاذب مورد نیاز برای تکمیل پوشش تک لایه‌ای سطح و k_L نشان دهنده گرمای جذب سطحی می‌باشند. با رسم $1/C_e$ در مقابل $1/q_e$ ثابت معادله ۲ به دست می‌آیند [۱۴ و ۱۳].

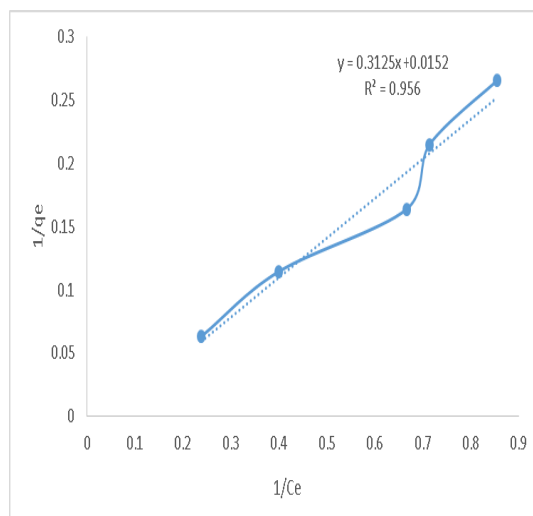
شکل عمومی معادله فرندلیچ بصورت رابطه ۳ است:

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad (3)$$

که در آن q_e و C_e مشابه موارد ذکر شده در رابطه لانگمویر هستند. مقادیر K_F و n ثابت‌هایی هستند که به طور تجربی تعیین می‌شوند و به ترتیب با حداکثر ظرفیت پیوند و قدرت یا کشش پیوند مرتبط هستند [۱۵ و ۱۶]. رابطه فرندلیچ را بصورت رابطه ۴ نیز می‌توان نوشت:

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (4)$$

با رسم معادله بالا می‌توان ثابت ایزوترم را یافت. با توجه به شکل شماره ۶ فرآیند جذب از مدل ایزوترم لانگمویر $R^2 = 0.956$ تبعیت می‌کند.



شکل ۶ - نمودار ایزوترم لانگمویر ساقه نی

۴. نتیجه گیری

این تحقیق توانایی حذف ماده رنگزای زرد بازی ۲ با استفاده از ساقه نی در محلول آبی را مورد بررسی قرار داده است. فرآیند جذب به شدت به زمان تماس، مقدار جاذب، غلظت رنگ و pH وابسته است. pH مناسب برای این فرآیند ۱۲ است. مقدار جذب ماده رنگزای مورد نظر با افزایش غلظت اولیه محلول کاهش می‌یابد. در حالی که با افزایش مقدار جاذب و زمان تماس و pH مقدار جذب افزایش می‌یابد. زمان تماس بهینه در این فرآیند دو ساعت به دست آمد. ایزوترم جذب ماده رنگزای زرد بازی ۲ بر روی ساقه نی با مدل ایزوترم لانگمویر توصیف شد. این تحقیق نشان داد که ساقه نی می‌تواند به عنوان یک جاذب ارزان قیمت، مناسب و کارآمد برای حذف ماده رنگزای زرد بازی ۲ از محلول آبی قرار گیرد.



۵. مراجع

۱. اسدی فاطمه، شریعتمداری-ح، میر غفاری-ن، (۱۳۸۷). استفاده از ضایعات کشاورزی در تصفیه تکمیلی فاضلاب‌ها، سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی، اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، خوراسگان
2. Fatih Deniz, Sadet D. Saygideger, (2010). *Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies of Acid Orange 52 dye biosorption by Paulownia tomentosa Steud. leaf powder as a low-cost natural biosorbent*, Bioresource Technology, 110, pp. 5137-5143
3. Malik PK, (2003). *Use of activate carbons prepared from sawdust and rice-husk for adsorption of acidic dyes: a case study of acid yellow*, Dyes Pigment, 56, pp. 243-250
4. A. Dabrowski, Adsorption, (2001). *from theory to mpractice*, Adv. Colloid. Interface Sci, Vo , pp , 135-224
5. K.S. Bahrathi, S. Ramesh, (2013). *Removal of dyes using agriculture waste as low-cost adsorbent*, Appl Water Sci 3, pp. 773-790
6. Wang XU, Zhou Y, Jiang Y, Sun C, (2008). *The removal of basic dyes from aqueous solutions using agricultural by-products*, J Hazard Mater, 157, pp. 374-385
7. Fatih Deniz, Sadet D. Saygideger, (2010). *Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies of Acid Orange 52 dye biosorption by Paulownia tomentosa Steud. leaf powder as a low-cost natural biosorbent*, Bioresource Technology, 110, pp. 5137-5143
8. Mohd. Rafatullah, Othman Sulaiman, Rokiah ashim, Anees Ahmad, (2010). *Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbent*, Journal of hazardous Materials, 177, pp. 70-80
9. Fatih Deniz, Sengule Karman, (2011). *Removal of Basic Red 46 dye from aqueous solution by pine tree leaves*, Chemical Engineering Journal, 170, 67-74
10. Eren, Z., and Acar, F. N., (2006). *Adsorption of Reactive Black 5 from an aqueous solution: equilibrium and kinetic studies*, Desalination, 194, pp. 1-10.
11. Salleh, M. A. M., Sulaiman, O., 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, pp. 1-13.
12. Ofomaja, A. E., (2008). *Sorptive removal of Methylene blue from aqueous solution using palm kernel fibre: effect of fibre dose*, Biochem. Eng. J., 40, pp. 8-18
13. Chen, J.P., Wang, L., (2004). *Characterization of metal adsorption kinetic properties in batch and fixed-bed reactors*, Chemosphere, Vol. 54: 397-404
14. Gil, A., Assis, F., Albeniz, S., Korili, S., (2011). *Removal of dyes from wastewaters by adsorption on pillared clays*, Chemical Engineering Journal, Vol. 168: 1032-1040
15. Elsherbiny, A.S., (2013). *Adsorption kinetics and mechanism of acid dye onto montmorillonite from aqueous solutions: Stopped-flow measurements*, Applied Clay Science, Vol. 83: 56-62