

سنتز کربن فعال مغناطیسی جهت کاهش COD پساب کارخانه خاوران الیاف پارسیان

توسط سیستم ترکیبی جذب سطحی و غشا

علی حسنی^۱، میلاد دئفه جعفری^۲، زهرا هجری^{۳*}، مریم امیدوار^۲

^۱گروه مهندسی شیمی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

^۲گروه مهندسی شیمی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۱۵

تاریخ تصحیح: ۹۷/۰۴/۳۰

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۰۶

چکیده

تصفیه پساب واحدهای تولید الیاف به دلیل داشتن اکسیژن خواهی شیمیایی (COD) بالا امری ضروری می باشد. در این پژوهش کاهش COD پساب کارخانه خاوران الیاف پارسیان توسط سیستم ترکیبی جذب سطحی بر روی کربن فعال مغناطیسی و غشا بررسی شده است. کربن مورد استفاده در این تحقیق از پوست پسته تهیه شده و بعد از فعال سازی شیمیایی با فسفریک اسید، به روش همرسوبی مغناطیسی شد. کربن فعال مغناطیسی تولید شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، طیف سنجی مادون قرمز (FTIR)، آزمون دفع و جذب شیمیایی و تعیین سطح ویژه مواد (BET) و مغناطیس سنج ارتعاشی (VSM) مشخصه یابی گردید. بر اساس نتایج حاصل، سطح کربن فعال مغناطیسی دارای خلل و فرج مناسب با توزیع یکنواخت بوده و ذرات دارای ساختار کروی شکل و متوسط قطر ۴۰-۷۰ nm می باشند. آنالیز سطح BET نشان داد که سطح ویژه و حجم کل منافذ به ترتیب برابر با $479/59 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ و $0/665 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ بوده و در آزمون پذیرفتاری مغناطیسی کربن فعال مغناطیسی شده نیز برابر با $4/615 \text{ emu g}^{-1}$ تعیین شد. همچنین، اثر پارامترهای pH و مقدار جاذب بر کاهش COD پساب مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین کاهش COD در محیط خنثی و با غلظت ۱۷ گرم بر لیتر از کربن فعال مغناطیسی شده اتفاق افتاد.

کلمات کلیدی: اکسیژن خواهی شیمیایی، کربن فعال مغناطیسی، غشا، پساب.

۱- مقدمه

امروزه تخلیه پساب های صنعتی حاوی آلاینده های مختلف باعث آلودگی محیط زیست شده و خسارات جبران ناپذیری را به همراه دارد. همچنین ورود اینگونه پساب ها به چرخه غذایی، تهدید جدی برای سلامت و بهداشت جوامع انسانی به شمار می آید. از طرفی توسعه و پیشرفت صنایع مختلف باعث تولید بیشتر فاضلاب شده که نیاز به فرآیندهای تصفیه بسیار پرهزینه و غیر اقتصادی است [۱]. به همین دلیل روشی مقرون به صرفه که پساب صنایع را به حدود استاندارد و مجاز جهت تخلیه به محیط برساند دارای اهمیت زیادی است [۲].

بر اساس تحقیقات انجام شده انواع کربن فعال به عنوان یکی از بهترین جاذب ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۳]. کربن فعال با ظرفیت جذب بالا و قیمت پائین، کاربردهای بسیار فراوانی را در فرآیندهای جذب از فاز مایع و یا فاز گاز دارد. از جمله کاربردهای این ماده در حذف رنگ از محلول شکر، تصفیه آب آشامیدنی، تصفیه پساب و ماسکهای گاز می باشد. از مواد اولیه مختلفی مانند چوب، پوست نارگیل، زغال سنگ و لاستیک برای تولید کربن فعال استفاده می شود [۴]. تاکنون تحقیقات زیادی در رابطه با تولید کربن فعال از مواد اولیه مختلف و کارایی آنها در تصفیه پساب ها صورت گرفته است. در یکی از این آزمایشات شرودر و همکاران با استفاده از انواع ضایعات کشاورزی به این نتیجه رسیدند که تولید کربن فعال از پوست پسته دارای بازده بسیار خوبی می باشد [۵].

انتخاب روش فعال سازی در چگونگی تخلخل جاذب نقش مهمی دارد؛ اپایدین با دو روش فعال سازی شیمیایی و فیزیکی از مواد مختلف کربن فعال تولید کرد. بر اساس نتایج آزمایشات وی، فعال سازی شیمیایی سطح ویژه بیشتری ایجاد می کند [۶]. از میان فعال سازهای شیمیایی، جبریل و همکاران اثرات اسید فسفریک و پتاسیم هیدروکسید را برای فعال سازی مورد مطالعه قرار دادند. آنها بهترین سطح ویژه را با عامل فعال ساز اسید فسفریک بدست آوردند [۷].

یکی از روش های افزایش ظرفیت جذب، استفاده از نانو ذرات در ساختار جاذب می باشد. نتایج به دست آمده از تحقیقات پرومال و همکاران نشان می دهد که کربن فعال غنی شده با نانو ذرات آهن در جداسازی نیکل از محلول های آبی عملکرد قابل قبولی داشته و می تواند گزینه بسیار خوب در جذب فلزات سنگین از پساب های صنعتی باشد [۸]. نتایج این آزمایشات با استفاده از کربن فعال مغناطیسی، جذب بیشتری را نشان می دهد [۹].

از مهمترین شاخص های سنجش آلودگی فاضلاب، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD^1) است [۱۰]. پساب واحدهای تولید الیاف به دلیل داشتن COD بالا باعث آلودگی محیط زیست و به خطر افتادن سلامت انسان می شود [۱۱]. در این پژوهش ابتدا از پوست پسته با فعال سازی شیمیایی توسط اسید فسفریک برای تولید کربن فعال استفاده شده و پس از غنی کردن کربن فعال با نانو ذرات مغناطیسی، کارایی آن در کاهش COD پساب خروجی از کارخانه خاوران الیاف پارسیان ارزیابی شده است. همچنین، تاثیر غلظت جاذب و pH پساب بر مقدار COD نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

پوست پسته از منطقه رفسنجان تهیه شد. فسفریک اسید با غلظت ۵۰٪ تولید شرکت سیگما آلدریچ (Sigmaaldrich)، ویال ppm ۱۵۰-۰ مارک (Lovibond) ساخت کشور آلمان جهت مشخص شدن مقدار COD پساب، غشاء نانو فیلتر از جنس پلیمر

¹ Chemical Oxygen Demand

پلی وینیلیدین فلوراید ساخت شرکت پیشتاز نانو فناوری توس جهت تصفیه پساب مورد استفاده قرار گرفتند. $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ و $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ با خلوص ۹۹٪ ساخت مرک آلمان جهت سنتز نانو ذرات مغناطیسی و رسوب دهنده NH_4OH برای ایجاد فاز رسوب و تشکیل ذرات مغناطیسی به کار رفتند. جهت کاهش pH پساب، HCL ۰/۱ نرمال با درصد خلوص ۳۷٪ و جهت افزایش pH پساب، NaOH ۰/۱ نرمال شرکت آرمان سینا ساخت کشور ایران استفاده شد. همچنین، پساب کارخانه خاوران الیاف پارسیان با اکسیژن خواهی شیمیایی 16000 mg/l به عنوان نمونه پساب مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲- سنتز کربن فعال

۳۰۰ گرم پوست پسته جمع آوری شده ابتدا توسط آسیاب خرد شده و سپس با الک های استاندارد ۲-۱ میلیمتری دانه بندی شدند. بر اساس روش جوآن و همکاران، عامل فعال ساز اسید فسفریک ۵۰ (H₃PO₄) درصد با نسبت ۳:۱ با پوست پسته به مدت ۱۸ ساعت بر روی همزن مغناطیسی به طور کامل مخلوط شده تا اسید به طور کامل درون ماده اولیه نفوذ کند [۱۲]. سپس مخلوط حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد داخل آون قرار داده شد تا کاملاً خشک شود. این مخلوط برای کربنی شدن در داخل کوره الکتریکی ۳ لیتری مدل FTMF-701 تحت دمای ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت. در این مرحله محصول نهایی کربن فعال که به صورت توده های متراکم در آمده به درون آسیاب منتقل شده تا کاملاً خرد شود. به منظور جداسازی باقیمانده عامل فعال ساز شیمیایی چندین بار عملیات شستشو با آب مقطر انجام شده تا pH به عدد ۷ برسد. پس از شستشو نمونه درون آون قرار گرفته تا خشک شود [۱۳-۱۴].

۲-۳- مغناطیسی کردن کربن فعال

در مرحله دیگر آزمایشات، از نانو ذرات اکسید آهن به روش هم رسوبی برای مغناطیسی کردن کربن فعال استفاده شد [۱۵]. تشکیل رسوب از یک فاز مایع همگون می تواند در اثر یک تغییر فرم فیزیکی مثل تغییر دما صورت گیرد [۱۶]. اما در بیشتر موارد در اثر یک تغییر شکل شیمیایی مثل افزودن اسید یا باز و یا عوامل تشکیل کمپلکس اتفاق می افتد. به این ترتیب ابتدا $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ و $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ در آب مقطر حل شده و بعد از آن pH محلول با افزودن آمونیاک به حدود ۱۲ افزایش یافت. سپس کربن فعال به محلول اضافه شده و به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط گردید. در نهایت محلول صاف شده و شستشو با آب مقطر انجام گرفت [۱۷].

۲-۴- مشخصه یابی جاذب مغناطیسی تهیه شده

به منظور بررسی مورفولوژی، شکل و اندازه نانو ذرات مغناطیسی تهیه شده، از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM^۲) با آشکار ساز EDS مدل VP 1450 ساخت شرکت LEO آلمان استفاده شد. اندازه گیری میزان مساحت ویژه سطح جذب، در دستگاه

² Scanning Electron Microscope

آنالیز سطح Quantachrome مدل NOVA 2000 صورت پذیرفت. تعیین خاصیت مغناطیسی نانوکامپوزیت مغناطیسی تولید شده، توسط دستگاه VSM^3 مدل ۷۴۰۰ ساخت کشور امریکا انجام گرفت. جهت آزمون FT-IR از طیف سنج مدل Tensor27، ساخت شرکت BRUKER آلمان، استفاده شد.

۲-۵- آزمایشات تصفیه پساب

آزمایشات تصفیه پساب مورد نظر، شامل قرار گرفتن در معرض جاذب مغناطیسی و سپس عبور از سیستم غشایی شکل ۱، در pH های ۶، ۷ و ۸ و مقدار جاذب در سه سطح ۱۰، ۱۳/۵ و ۱۷ گرم بر لیتر انجام شدند. قابل ذکر است، pH واقعی قبل از تصفیه، بدلیل استفاده از حجم زیاد سود در خطوط شستشو، مقادیر متفاوتی در محدوده بازی دارد. در این تحقیق سعی گردید تأثیر pH علاوه بر شرایط بازی در شرایط خنثی و اسیدی نیز مورد مطالعه قرار گیرد. برای بررسی تاثیر شرایط اسیدی، خنثی و بازی بر فرایند تصفیه، آزمایشات در pH های ۶، ۷ و ۸ انجام گرفت. علاوه بر این، در انتخاب pH مناسب، از نتایج تحقیقات مشابه نیز بهره گرفته شد. در نهایت اکسیژن خواهی شیمیایی پساب تصفیه شده مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۱- سامانه مورد استفاده جهت تصفیه پساب و آزمایشات جذب

۲-۶- طراحی آزمایشات و تجزیه تحلیل آماری

به منظور طراحی آزمایشات و تجزیه و تحلیل نتایج از نرم افزار Design-Expert نسخه ۱۰ استفاده شد. جهت بررسی اثر هر یک از دو فاکتور pH و غلظت جاذب بر کاهش COD پساب کارخانه خاوران الیاف پارسیان، در ابتدا طراحی آزمایشات طبق

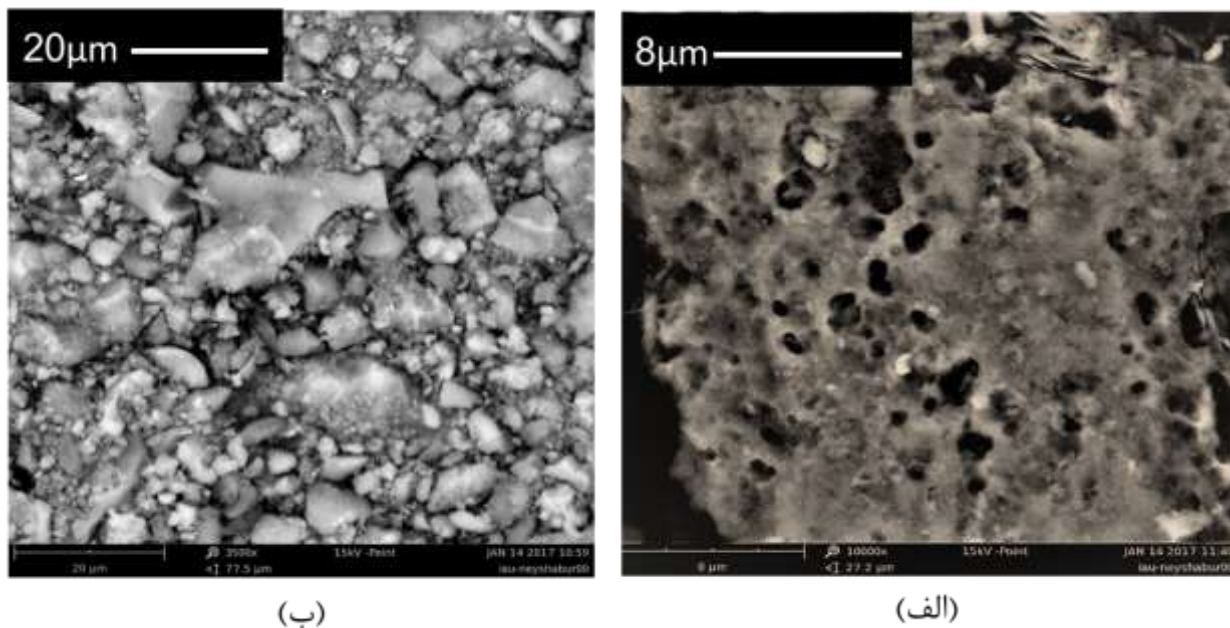
³ Vibration Sampling Magnetometer

طرح آماری فاکتوریل کامل با سه سطح برای هر فاکتور صورت پذیرفته و پس از انجام آزمایشات، آنالیز داده ها برای هر یک از پاسخ های مورد نظر انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی مورفولوژی کربن فعال با SEM

مطابق شکل (۲_الف)، تخلخل و خلل و فرج موجود در سطح کربن فعال دارای اندازه های مختلف و توزیع تقریباً یکنواخت است. همچنین، شکل (۲_ب) نشان می دهد که نانو ذرات اکسید آهن ساختار کروی شکل داشته و قطر متوسط ۴۰-۷۰ نانومتر دارند. نتیجه حاصل با نتایج بدست آمده توسط الیورا و همکاران در مورد جاذب کربنی مغناطیسی استفاده شده در جداسازی آلاینده های آب، مطابقت داشت [۱۸]. همچنین سطح جاذب و تخلخل در تصاویر (SEM) این پژوهش مشابه با تحقیق ماتا و همکاران بوده که بر روی ساخت کربن فعال از پوست نارگیل آزمایش میکردند [۱۹].



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح کربن فعال مغناطیسی (الف) با بزرگ نمایی ۱۰۰۰۰ برابر

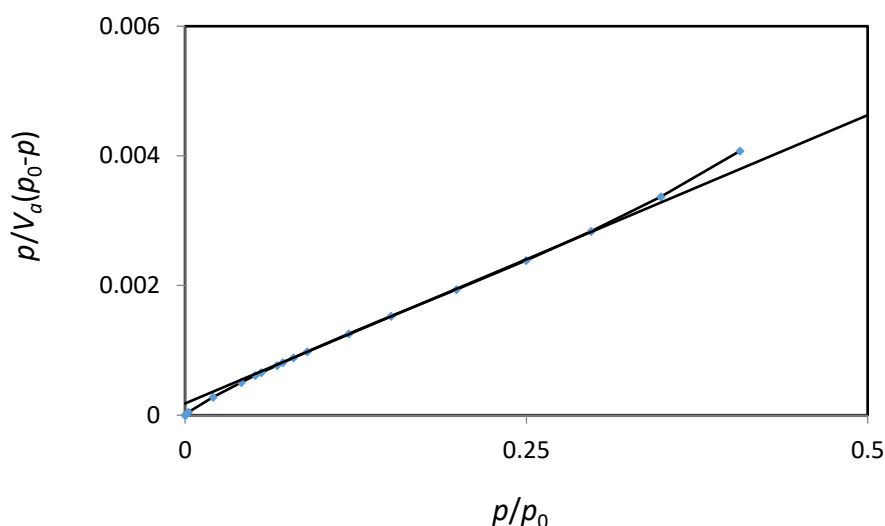
(ب) با بزرگ نمایی ۳۵۰۰ برابر.

۳-۲- آزمون BET^۴

یکی از روش های متداول برای اندازه گیری مساحت ویژه که در مطالعات مربوط به جاذب ها بسیار مورد استفاده قرار می گیرد، روش BET است [۲۰]. بر اساس نمودار رسم شده در این آزمون، کربن فعال مغناطیسی شده دارای حجم کل منافذ $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$

⁴ Brunauer-Emmett-Teller

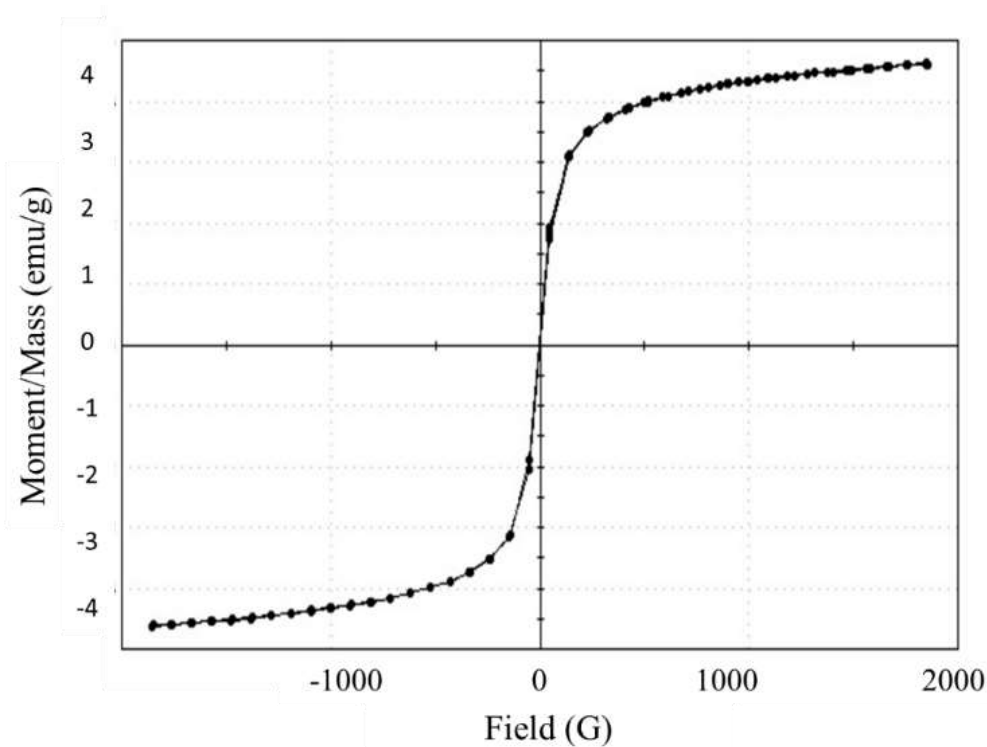
۰/۶۶۵، متوسط قطر منافذ ۵/۵ نانومتر، سطح ویژه $479/6 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ بوده و حجم گاز مورد نیاز برای تشکیل یک تک لایه cm^3g^{-1} می باشد (شکل ۳). سطح ویژه به دست آمده در این آزمون قابل مقایسه با نتایج تحقیق موپونگ و همکاران بوده که بر روی ساخت کربن فعال با فعال ساز شیمیایی هیدروکسید سدیم آزمایش می کردند [۲۱].



شکل ۳- نمودار مربوط به آزمون BET

۳-۳- آزمون مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی VSM

یکی از روش‌های رایج برای بررسی خواص مغناطیسی مواد آزمون VSM است [۲۲]. شکل ۴ منحنی هیسترسیس کربن فعال مغناطیسی شده را در دمای اتاق و در میدانهای ۲۰۰۰۰ - تا ۲۰۰۰۰ اورستد نشان می دهد. این شکل به خوبی نشان می دهد که هیسترسیس تقریباً ناچیز و میدان زایش و پس ماند مغناطیسی بسیار کوچک است [۲۳]. بر اساس نتایج تحقیقات واسیلفسکی، این هیسترسیس مغناطیسی از نظر تغییرات آهنربایی، رفتاری مشابه رفتار مواد ابر پارامغناطیس را نشان می دهد. به عبارت دیگر در این منحنی حلقه هیسترسیس خاصی مشاهده نمی شود [۲۴]. میتوان در شکل ۴ مشاهده نمود که پذیرفتاری مغناطیسی کربن فعال مغناطیسی شده برابر با $4/615 \text{ emu g}^{-1}$ می باشد.

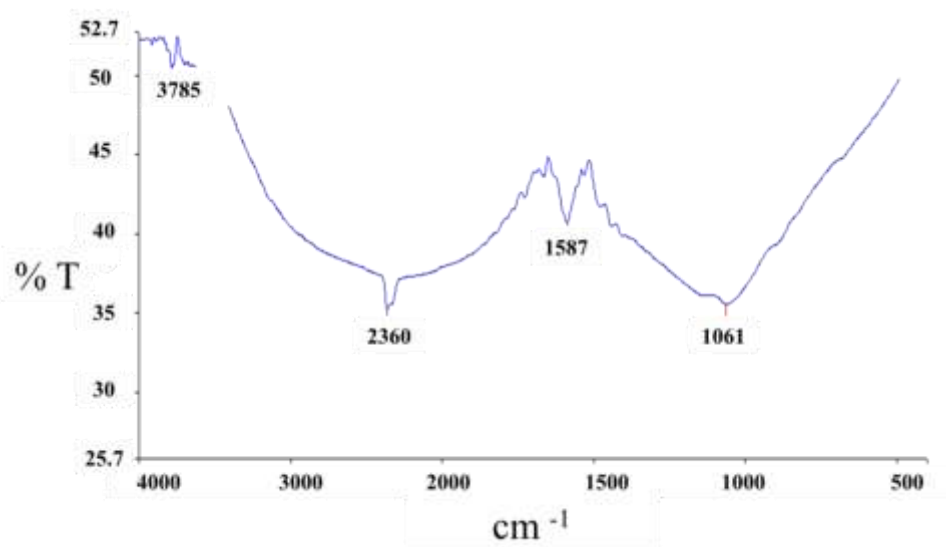


شکل ۴- نمودار هیسترسیس نمونه کربن فعال مغناطیسی شده.

۴-۳- طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز FTIR^۵

طیف سنجی مادون قرمز به عنوان روشی توسعه یافته برای تعیین ساختار و اندازه گیری گونه های شیمیایی موجود در نمونه به کار می رود [۲۵]. با توجه به شکل ۵، پیک ها در ناحیه های $1061/87$ ، $1587/34$ ، $2360/78$ و $3785/15$ cm^{-1} به ترتیب مربوط به پیوندهای $\text{C}=\text{C}$ ، $\text{C}=\text{O}$ ، $\text{C}-\text{C}$ و $\text{P}=\text{O}$ است. تریزیک نیز در آزمایشات خود بر روی کربن فعال، وجود پیک هایی مشابه را به پیوندهای کربن نسبت داده بود. در این آزمون وجود پیوندهای کربن نشان می دهد که کربنی شدن پوست پسته و تبدیل آن به کربن فعال به خوبی انجام شده است [۲۶].

⁵ fourier-transform-infrared-spectroscopy



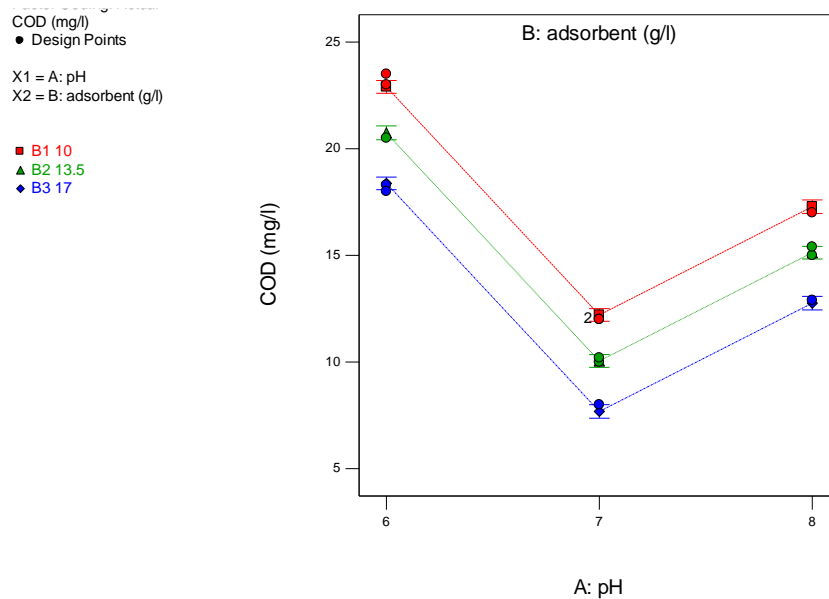
شکل ۵- FT-IR نمونه کربن فعال فرآوری شده.

۵-۳- اثر pH بر کاهش COD

از جمله عوامل متغیر در پساب خروجی هر واحد تولیدی pH آن است که می‌تواند بر مقدار COD تاثیر گذار باشد. در این آزمایش به منظور کاهش COD، آزمایشات در سه محیط خنثی، اسیدی و بازی با pH های ۶، ۷ و ۸ و در غلظت های ۱۰، ۱۳/۵ و ۱۷ گرم بر لیتر از جاذب انجام شد. لازم به ذکر است که غلظت های مختلف جاذب بر اساس آزمون‌های اولیه و مقادیر استفاده شده در تحقیقات مشابه انتخاب شده اند [۲۷-۳۰]. مطابق شکل ۶ در محیط اسیدی و بازی COD بیشتر است. به عبارت دیگر کمترین مقدار COD در محیط خنثی، و بیشترین مقدار آن در محیط اسیدی قرار دارد. می‌توان اینگونه تحلیل کرد که آلودگی پساب در محیط اسیدی و بازی ناشی از مواد خارجی است که وارد آب شده و به صورت محلول و یا نامحلول باعث آلودگی آن شده اند. هرچه مقدار این مواد در پساب بیشتر باشد، آلودگی و در نتیجه COD بیشتر است [۳۱]. بر اساس تحقیقات گالوانگو و همکاران بر روی تصفیه پساب، هر ماده اضافی که وارد پساب شود، یا باعث افزایش pH آن می‌شود، یا pH آن را کاهش می‌دهد، یا خنثی بوده و تغییری در pH پساب ایجاد نمی‌کند. طبق پژوهش آن‌ها بیشترین آلودگی پساب مربوط به زمانی است که ماده افزودنی منجر به افزایش یا کاهش pH شده و محیط پساب را اسیدی یا بازی کند. به همین دلیل در محیط های اسیدی و بازی اکسیژن خواهی شیمیایی افزایش می‌یابد [۳۲]. همچنین احتمالاً عدم جذب بالاتر در محیط اسیدی و بازی حاکی از آن است که سطح جاذب خنثی بوده و بار منفی یا مثبت پیدا نکرده است. بنابراین شرایط بهینه برای فرایند تصفیه در محیط خنثی بوده که به کمک محلول های اسیدی و بازی میتوان این شرایط را فراهم نمود.

در پژوهشی مشابه ماریا و همکاران به بررسی تاثیر pH بر کاهش COD در محیط‌های اسیدی، بازی و خنثی پرداختند. بر اساس آزمایشات آنها بر روی تصفیه پساب، در شرایط بهینه عملیاتی بیشترین کاهش COD به میزان ۶۳ درصد در محیط

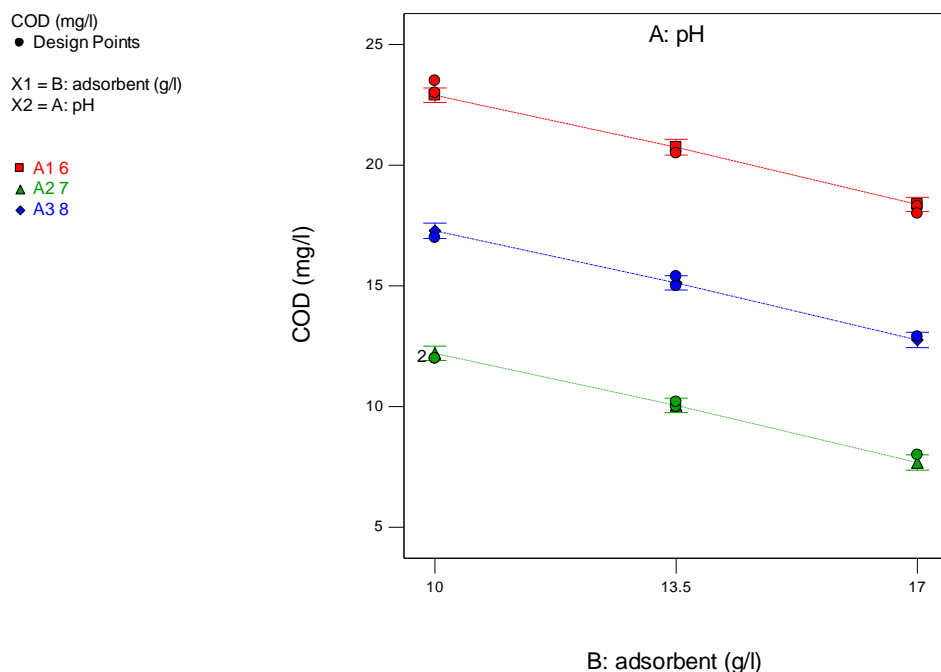
خنثی با pH برابر ۷ به دست آمد [۳۳]. در حالیکه در پژوهش حاضر با افزایش pH از ۶ به ۷، کاهش ۶۶ درصدی COD مشاهده می‌شود (شکل ۶).



شکل ۶- تغییرات COD برحسب pH در غلظت های مختلف جاذب.

۳-۶- اثر مقدار جاذب بر کاهش COD

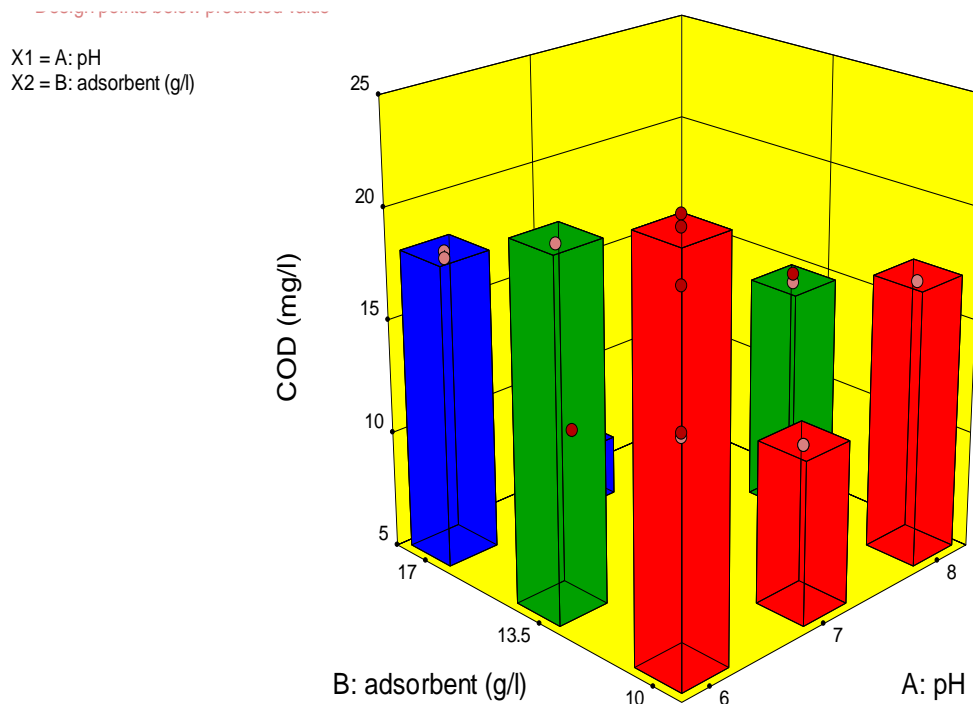
یکی از مهمترین پارامترهای تعیین کننده جذب در فرایندهای تصفیه و جدا سازی مقدار جاذب است. بر همین اساس میزان کاهش اکسیژن خواهی شیمیایی (COD) در pH های ۶، ۷ و ۸ با مقادیر ۱۰، ۱۳/۵ و ۱۷ گرم بر لیتر از جاذب بررسی شد (شکل ۷). مطابق نمودار شکل ۷، با افزایش مقدار جاذب در هر سه pH اکسیژن خواهی شیمیایی کاهش می‌یابد. از مقایسه میزان کاهش COD در محیط‌های اسیدی، بازی و خنثی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش غلظت کربن فعال، جذب بیشتری صورت گرفته است. دلیل امر این است که با افزایش غلظت جاذب، سطح ویژه بیشتری برای جذب آلاینده ها و میکرو ارگانیسم ها فراهم شده و با حذف آنها اکسیژن خواهی شیمیایی کاهش می‌یابد [۳۴]. در تحقیقی مشابه، بانکول و همکاران کاهش COD پساب صنایع آبکاری را با استفاده از نانو لوله های کربنی عامل دار به عنوان جاذب بررسی کردند. طبق نتایج آزمایشات آنها با افزایش ۵ برابری مقدار جاذب از ۱۰ به ۵۰ میلیگرم، تنها ۱ درصد کاهش COD اتفاق افتاده است [۳۵]. این در حالی است که در پژوهش حاضر با افزایش جاذب کربن فعال از ۱۰ به ۱۷ گرم، حدود ۵۰ درصد کاهش COD قابل مشاهده است که این امر حاکی از قابلیت بالای جاذب تهیه شده در کاهش COD می‌باشد (شکل ۷). والی نیا و همکاران نیز در بررسی ویژگی جذبی جاذب طبیعی خاک رس سپیولایت اصلاح شده مغناطیسی در حذف رنگ کاتیونی متیلن بلو از محلول آبی شاهد افزایش راندمان جذب، با افزایش میزان جاذب از ۰/۰۵ تا ۰/۲ g/l بودند [۳۶].



شکل ۷- اثر مقدار جاذب بر کاهش COD

۷-۳- اثر متقابل pH و مقدار جاذب بر کاهش COD

برای بررسی اثر متقابل pH و مقدار جاذب بر کاهش COD به کمک نرم افزار Design-Expert تغییرات این سه پارامتر به صورت سه بعدی در شکل ۸ نشان شده است. چنانکه ملاحظه می‌گردد، با افزایش مقدار جاذب از ۱۰ به ۱۳/۵ و سپس به ۱۷، در هر سه pH مقدار COD کاهش می‌یابد. در نهایت با بررسی نتایج حاصل از تغییر غلظت جاذب و pH پساب، نقطه بهینه جذب و بیشترین کاهش COD در محیط خنثی و با غلظت ۱۷ گرم بر لیتر از کربن فعال مغناطیسی شده می‌باشد. از طرفی با توجه به اینکه با افزایش مقدار جاذب کاهش COD ادامه دارد، می‌توان با استفاده از مقادیر بیشتر جاذب به جدا سازی با بازده بیشتری دست یافت. همچنین، برای مشخص شدن تاثیر عملکرد غشا در شرایطی که حداکثر کاهش COD اتفاق می‌افتد، جداسازی تنها با جذب سطحی منجر به کاهش ۴۰ درصدی اکسیژن خواهی شیمیایی شد. بنابراین عملکرد غشاء نانو فیلتر از جنس پلیمر پلی وینیلیدین فلوراید کاهش COD به میزان ۲۶ درصد است.



شکل ۸- نمودار سه بعدی اثر متقابل pH و مقدار جاذب بر کاهش COD

۴- نتیجه گیری

کربن فعال مغناطیسی تولید شده از پوست پسته از نظر تخلخل، مورفولوژی، سطح ویژه و ساختار کربنی با کربن فعال مورد استفاده در کارهای مشابه مطابقت دارد. نتایج حاصل از آنالیز اجزای موجود در ساختار نمونه کربن فعال فرآوری شده نشان داد که عنصر غالب در ساختار این جاذب، کربن است. همچنین با بررسی تخلخل و سطح ویژه به وسیله جذب گاز نیتروژن سطح ویژه کربن فعال $479/59 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ تعیین شد. بر اساس نتایج بدست آمده، کمترین مقدار COD در محیط خنثی، و بیشترین مقدار آن در محیط اسیدی قرار داشته که نشان می‌دهد رشد و بقا میکرو ارگانیسم‌ها تا حد زیادی تحت تاثیر pH محیط است. به این ترتیب در محیط‌های اسیدی و بازی شرایط بهتری برای رشد و بقا میکرو ارگانیسم‌ها فراهم بوده و در نتیجه اکسیژن خواهی شیمیایی افزایش می‌یابد. علاوه بر این، با اعمال تغییر در غلظت جاذب و pH پساب، بیشترین کاهش COD در محیط خنثی و با غلظت ۱۷ گرم بر لیتر از کربن فعال مغناطیسی شده به دست آمد.

۵- مراجع

- [1] J. Yang and K. Qiu, *Chemical Engineering Journal*, **167** (2011) 148.
- [2] Y. Satyawali and M. Blakrishnan, *Journal of Environmental Management*, **86** (2008) 481.
- [3] M. Soleimani and T. Kaghazchi, *Bioresourc Technology*, **99** (2008) 5374.
- [4] K. Yang, J. Peng, C. Srinivasakannan, L. Zhang, H. Xia and X. Duan, *Bioresourc Technology*, **101** (2011) 6163.

- [5] E. Schröder, K. Thomauske, C. Weber, A. Hornung and V. Tumiatti, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **79** (2007) 106.
- [6] E. Apaydin-Varol, *Thesis in Chemical Engineering, Anadolu University, Eskişehir, Turkey*.
- [7] B. Jibril, O. Houache, R. Al-Maamari and B. Al-Rashidi, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **83** (2008) 151.
- [8] P. Perumal, M. Norhashimah and L. Yee, *Journal of Applied Sciences Research*, **2** (2013) 54.
- [9] V. Fierro, G. Muniz A. Basta, H. El-Saied and A. Celzard, *Journal of Hazardous Materials*, **181** (2010) 27.
- [10] T. Kaghazchi, N. Kolar and M. Soleimani, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **16** (2010) 368.
- [11] T. Zhang, W. Walawender, L. Fan, M. Fan, D. Daugaard and R. Brown, *Chemical Engineering Journal*, **105** (2004) 59.
- [12] Y. Juan and Q. Ke-Qiang, *Environmental Science & Technology*, **43** (2009) 3385.
- [13] C. Bouchelta, M. Medjram, O. Bertrand and J. Bellat, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **82** (2008) 70.
- [14] D. Maity and D. Agrawal, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **308** (2007) 46.
- [15] H. Demiral, I. Demiral, F. Tımsek and B. Karabacakoglu, *Surface and Interface Analysis*, **40** (2008) 616.
- [16] C. Wang, Q. Liu and X. Cheng, *Journal of Materials Science & Technology*, **10** (1994) 151.
- [17] S. Rudge, T. Kurtz, C. Vessely, L. Catterall and D. Williamson, *Biomaterials*, **21** (2000) 1411.
- [18] L. Oliveira, R. Rios, J. Fabris, V. Garg, K. Sapag, and R. Lago, *Carbon*, **40** (2002) 2177.
- [19] G. Matta, M. Barros, R. Lambrecht, E. da Silva and O. Lima, *Materials Research*, **11** (2008).
- [20] N. Rashidi and S. Yusup, *Journal of Cleaner Production*, **168** (2017) 474.
- [21] S. Mopoung, P. Moonsri, W. Palas and S. Khumpai, *The Scientific World Journal*, (2015) 415961.
- [22] H. Heidari, H. Razmi and A. Jouyban, *Journal of Chromatography*, **1245** (2012) 1.
- [23] R. Shokohi, M. Samarghandi, F. Pourfarzi and M. Shirzad Siboni, *Iranian Journal of Health and Environment*, **4** (2011) 1.
- [24] P. Wasilewski, *Earth and Planetary Science Letters*, **20** (1973) 67.
- [25] A. Khodabakhshi, M. Amin, M. Mozaffari and B. Bina, *Health System Research*, **6** (2010) 935.
- [26] A. PTerzyk, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **177** (2001) 23.
- [27] R. Sharma, J. Zondlo and D. Dadyburjor, *Energy Fuels*, **12** (1998) 589.
- [28] S. Galvagno, S. Casu, T. Casabianca, A. Calabrese and G. Cornacchia, *Waste Management*, **22** (2002) 917.
- [29] L. Khezami, A. Ould-Dris and R. Capart, *Bio Resources*, **2** (2007) 193.
- [30] S. Arivoli, M. Sundaravadivelu and K. Elango, *Indian Journal of Chemical Technology*, **15** (2008) 130.

- [31] O. Yavuz and A. Aydin, *Polish Journal of Environmental Studies*, **15** (2006) 155.
- [32] T. Tsoncheva, A. Mileva, B. Tsyntsarski, D. Paneva, I. Spassova, D. Kovacheva, N. Velinov, D. Karashanova, B. Georgieva and N. Petrov, *Biomass and Bioenergy*, **109** (2018) 135.
- [33] M. Octoviane Dyan, G.Permana Putra, Budiyono, S.Sumardiono, T.Djoko Kusworo, *Waste Technology*, **4** (2015) 7.
- [34] Z. Fallahnejad, Gh. Bakeri, M. Rahimnejad, *Environmental Science & Technology*, **4** (2017) 19.
- [35] M.T. Bankole, A.S. Abdulkareem, J.O. Tijani, S.S. Ochigbo, A.S. Afolabi, W.D. Roos, *Water Resources and Industry*, **18** (2017) 33.
- [36] V. Fatemeh, R. Nahid, Y. Maryam, *J. Of Applied Chemistry*, **47** (1397) 287, in Persian.

