

معاونت علمی و فناوری

شبکه دانش کشاورزی

سلسله برنامه‌های ویدیو کنفرانس انتقال دانش به‌روز در گستره ملی بخش کشاورزی

عنوان:

...استفاده از پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی

برای جذب آلاینده‌های رنگی و دارویی

سخنران:

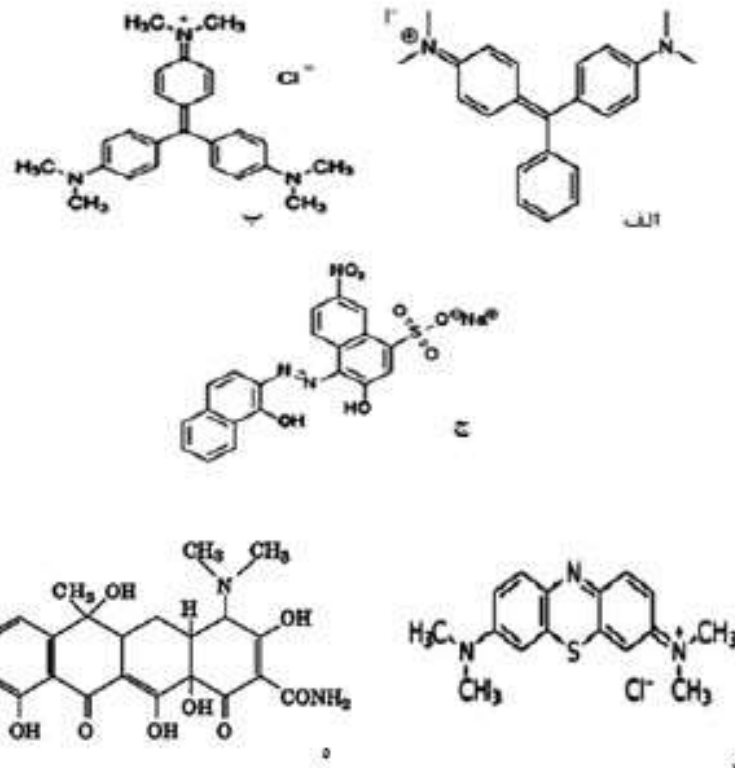
دکتر نائره بشارتی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

محقق معین و مدرس

آلاینده‌های محیط زیست

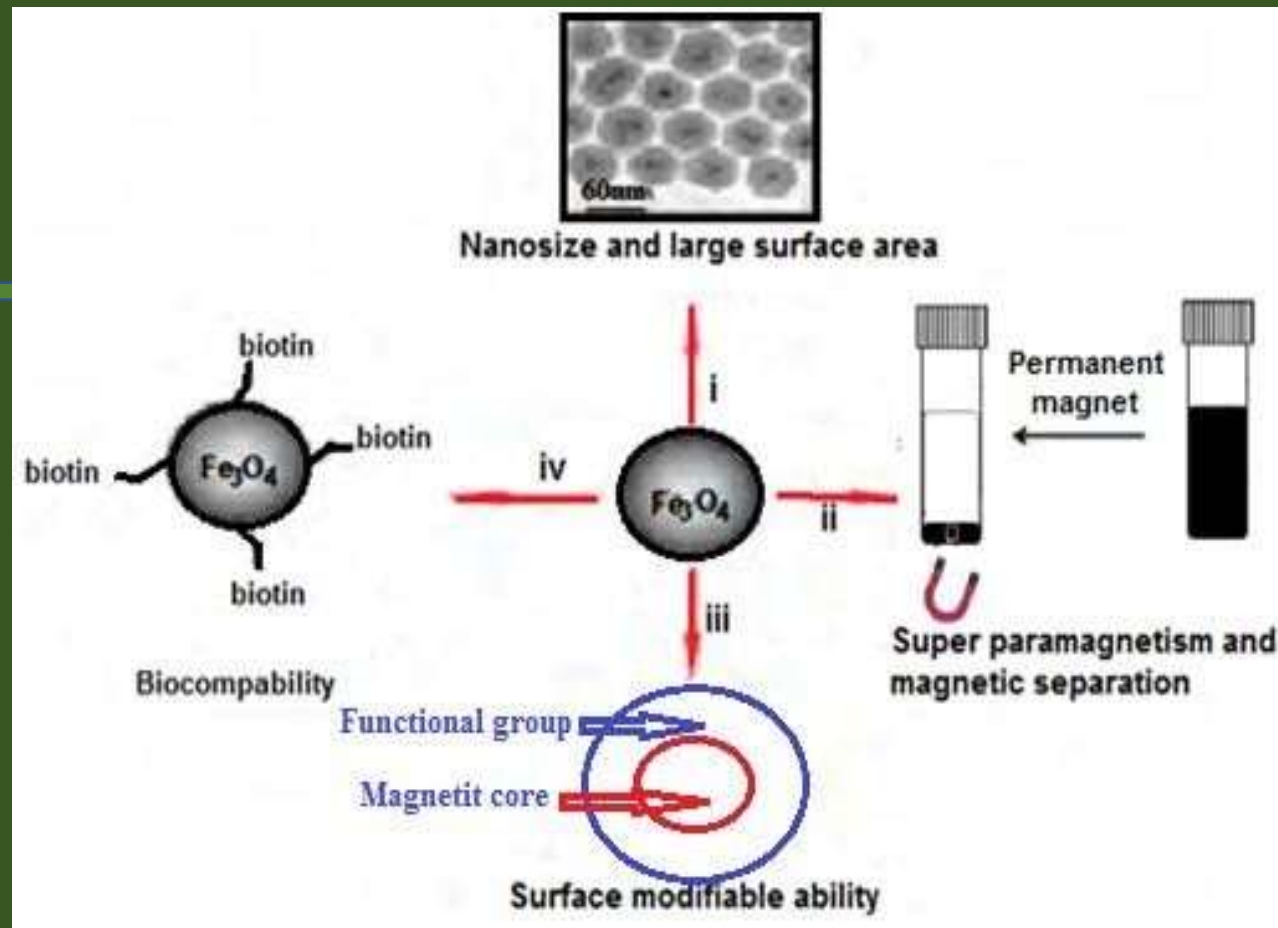
امروزه مشکلات آلاینده‌های محیط زیست به دلیل این که با سلامت جامعه در ارتباط است، بیش از پیش مورد توجه می باشد. پساب‌های ناشی از تولیدات صنعتی، کارخانه ها و فاضلاب شهری در کنار تخریب و کاهش منابع خدادادی، فشار مضاعفی را بر اکوسیستم تحمیل می کنند. ترکیبات سمی و پیچیده ناشی از توسعه صنایع، کاربرد فرآیندهای متداول تصفیه فاضلاب را محدود و در برخی موارد بی اثر نموده است. بخش بزرگی از ترکیب‌های آلی که باعث ایجاد آلودگی در آب‌های طبیعی می شوند مواد رنگزای شیمیایی هستند که به صورت صنعتی و خانگی مورد استفاده قرار می گیرند. مدیریت نامناسب آب‌های صنعتی یکی از عوامل اصلی آلودگی محیط است. رنگ ها به مقدار وسیع و گسترده در برخی کاربردهای صنعتی مانند منسوجات، رنگرزی، چرم، چاپ، پلاستیک سازی و کاغذ سازی استفاده می شوند [۳-۵]. تخمین زده شده است که مصرف رنگ در صنایع نساجی سالیانه در جهان بیش از ۱۰۰۰۰ تن می باشد که ده تا پانزده درصد آن در ضمن فرآیند به مثابه پساب تخلیه می شود.

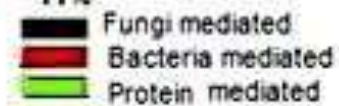
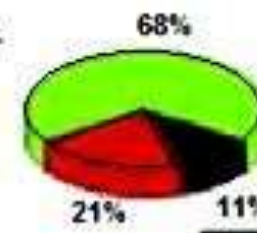
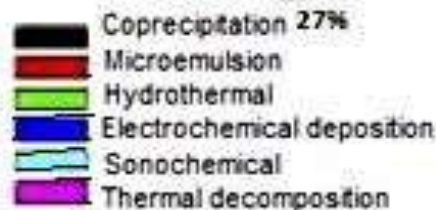
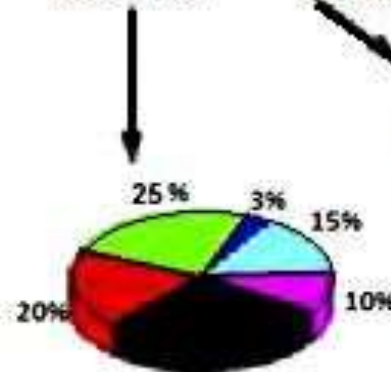
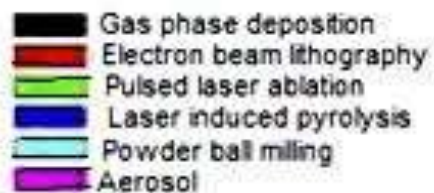
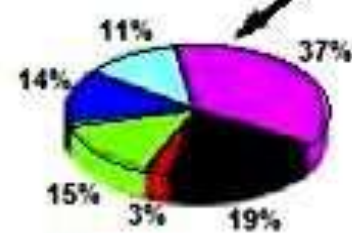
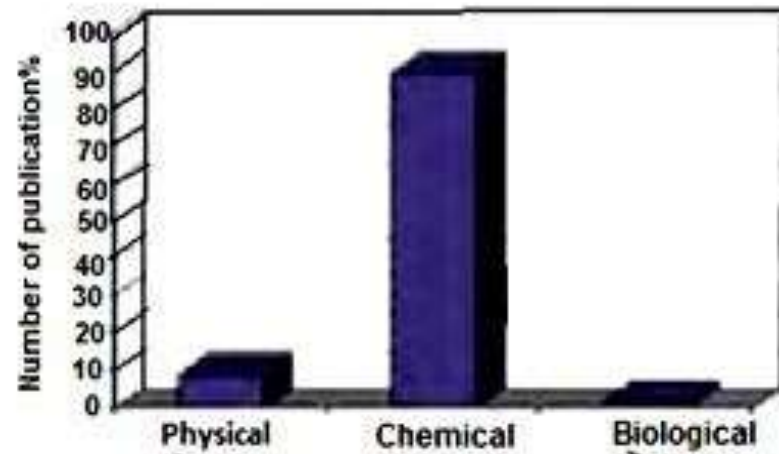


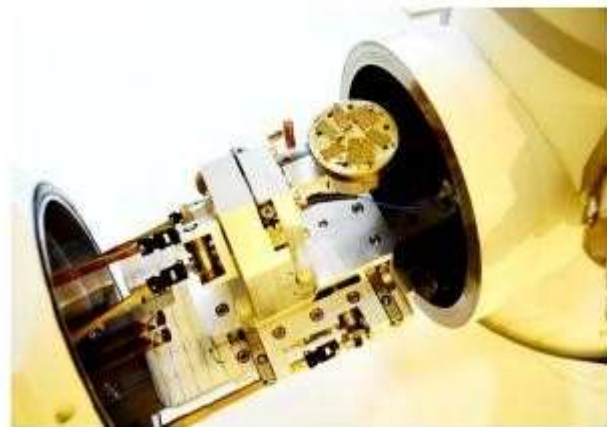
شکل ۱-۲- (الف) مالاشیت گرین (ب) کریستال ویولت (ج) اریوکروم بلاک تی (د) متیلن بلو (ه) تتراسایکلین

هدف و روش کار

در این بخش ابتدا جاذب های طبیعی پوسته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی تهیه شدند. بدین منظور نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن از طریق رسوب دهی شیمیایی با افزودن سدیم هیدروکسید به محلولی از آهن II و III بر روی جاذب های پوسته و غشاء تخم مرغ سنتز گردید. مورفولوژی و ساختار مواد طبیعی اصلاح شده با نانوذرات با دستگاه های SEM، XRD، FT-IR و EDX تعیین گردید. به منظور بررسی قابلیت حذف رنگینه ها جاذب های مورد تحقیق، حذف رنگینه های مالاشیت گرین، اریوکروم بلاک تی و کریستال ویولت بررسی گردید و متغیرهای موثر بر حذف رنگ از قبیل pH، غلظت جاذب و زمان تماس با محلول رنگینه بررسی شد. سپس سینتیک و ایزوترم جذب توسط جاذب های طبیعی بررسی گردید.







شکل ۲-۵- تصویر دستگاه SEM



شکل ۲-۶- تصویر دستگاه XRD



شکل ۲-۷- تصویر دستگاه EDX



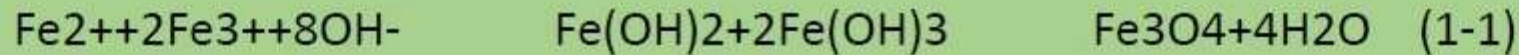
شکل ۲-۸- (الف) امپکتروفتومتر تک پروبی ساخت شرکت Jenway مدل ۶۱-۵ (ب) امپکتروفتومتر دو پروبی مرنی- مایو اینفلز توسط دستگاه

Biowave II ساخت Biobrom

- تهیه جاذب پوسته تخم مرغ و غشاء تخم مرغ
پوسته تخم مرغ و غشاء سفیده تخم مرغ ماشینی از شرکت شپید نامی خزر جمع آوری گردید و با آب مقطر شستشو داده شد و در آون تحت ۱۰۵ درجه سانتی گراد خشک گردید سپس تا رسیدن به اندازه ۲۰۰-۱۵۰ میکرومتر خرد گردید پودر در ۱۰۵ درجه سانتی گراد برای ۲۴ ساعت برای از بین بردن رطوبت حرارت داده شد و برای سایر مطالعات در بطری دردار جمع آوری گردید.

- تهیه پوسته تخم مرغ و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذره مغناطیسی
ابتدا ۱/۶ گرم از $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ و ۲/۴ گرم از $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل و تا ۹۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. سپس ۱۰ میلی لیتر آمونیوم هیدروکساید ۲۸ درصد به محلول اضافه نموده و یک گرم پوسته و غشاء تخم مرغ جداگانه در ۲۰۰ میلی لیتر آب اضافه نموده و به سرعت به محلول آهن افزوده شد. pH محلول روی ده تنظیم شد. مخلوط به مدت نیم ساعت در حرارت ۸۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد و سپس تا درجه حرارت اتاق سرد شد. ذرات سیاه رنگ نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن صاف شد و با آب مقطر شستشو داده شد و در درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. پوسته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی کاملاً خاصیت مغناطیسی پیدا نموده و جذب آهن ربا شدند.

هم رسوبی شیمیایی یک روش آسان و مناسب برای سنتز اکسید آهن از محلول آبی (آهن/ آهن (PII) از طریق افزایش یک باز تحت اتسمفر بی اثر و در دمای اتاق یا دماهای بالاتر می باشد.
اندازه و شکل و ترکیب نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن تولید شده به میزان زیادی به pH و نوع نمک مورد استفاده (به عنوان مثال کلراید، سولفات، نیترات)، نسبت (آهن/ آهن 2:1 (PII)، دمای واکنش و قدرت یونی محیط بستگی دارد. با این روش سنتزی در صورت ثابت بودن شرایط سنتز، کیفیت نانوذرات تولید شده کاملاً تکرار پذیر خواهد بود.



برای جلوگیری از اکسایش احتمالی ذرات در هوا و همچنین جلوگیری از تجمع آنها، نانوذرات سنتز شده معمولاً با مولکول های آلی و معدنی در طول فرآیند پوشش داده می شوند. رسوب کامل Fe_3O_4 در pH محدوده ۸-۱۴ و در یک محیط غیر اکسند روی می دهد. با این وجود ترکیب ایجاد شده پایداری زیادی ندارد و به اکسیژن حساس است و مگنتیت در حضور اکسیژن به مگهمیت تبدیل می شود. سنتز ذرات باید در محیطی عاری از اکسیژن و با عبور دادن گاز نیتروژن از ظرف واکنش انجام شود. حباب های گاز نیتروژن نه تنها موجب جلوگیری از اکسایش مگنتیت می گردد بلکه کاهش اندازه ذرات را نیز در پی دارد. مخلوط واکنش باید در مراحل سنتز و خالص سازی کنترل شود به دلیل نسبت بالای مساحت سطح به حجم، نانوذرات سنتز شده تمایل به تجمع در محلول دارند تا انرژی سطحی شان را کاهش دهند

جذب مغناطیسی پوسته و غشاء اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی

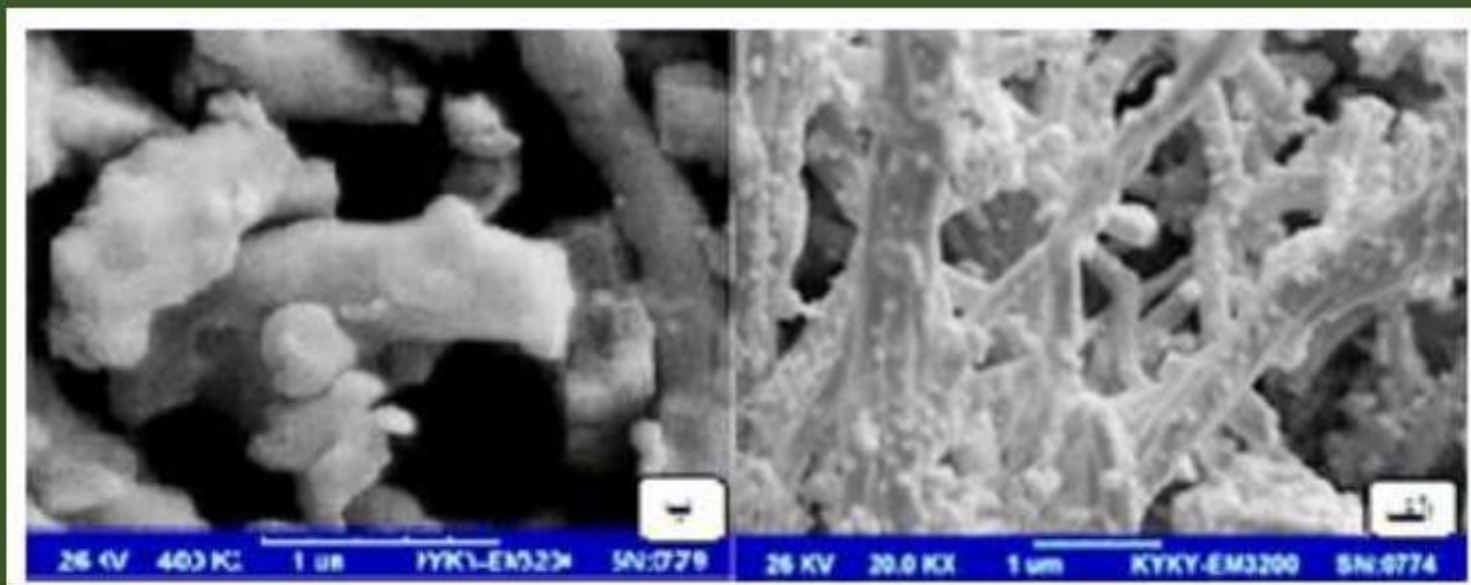
برای تایید خاصیت مغناطیسی جاذب های طبیعی پوسته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی، بوسیله آهن ربا مورد بررسی قرار گرفتند. همانطور که از شکل ۱-۳-۳ مشخص است جاذب های طبیعی اصلاح شده با نانوذرات دارای خاصیت جذب مغناطیسی می باشند.



شکل (الف) پوسته تخم مرغ (ب) پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات (ج) جذب مغناطیسی جاذب اصلاح شده به آهن ربا (د) غشاء تخم مرغ (ه) غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات (و) جذب مغناطیسی جاذب اصلاح شده به آهن ربا

مطالعات میکروسکوپ الکترونی روبشی

مطالعات ریخت شناسی جاذب های طبیعی پوسته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام گرفت. مطابق تصاویر SEM میانگین اندازه نانوذرات بین ۳۰ تا ۵۰ نانومتر تعیین شد.



تصاویر (الف) SEM پوسته تخم مرغ فرآوری شده (ب) SEM غشاء تخم مرغ فرآوری شده

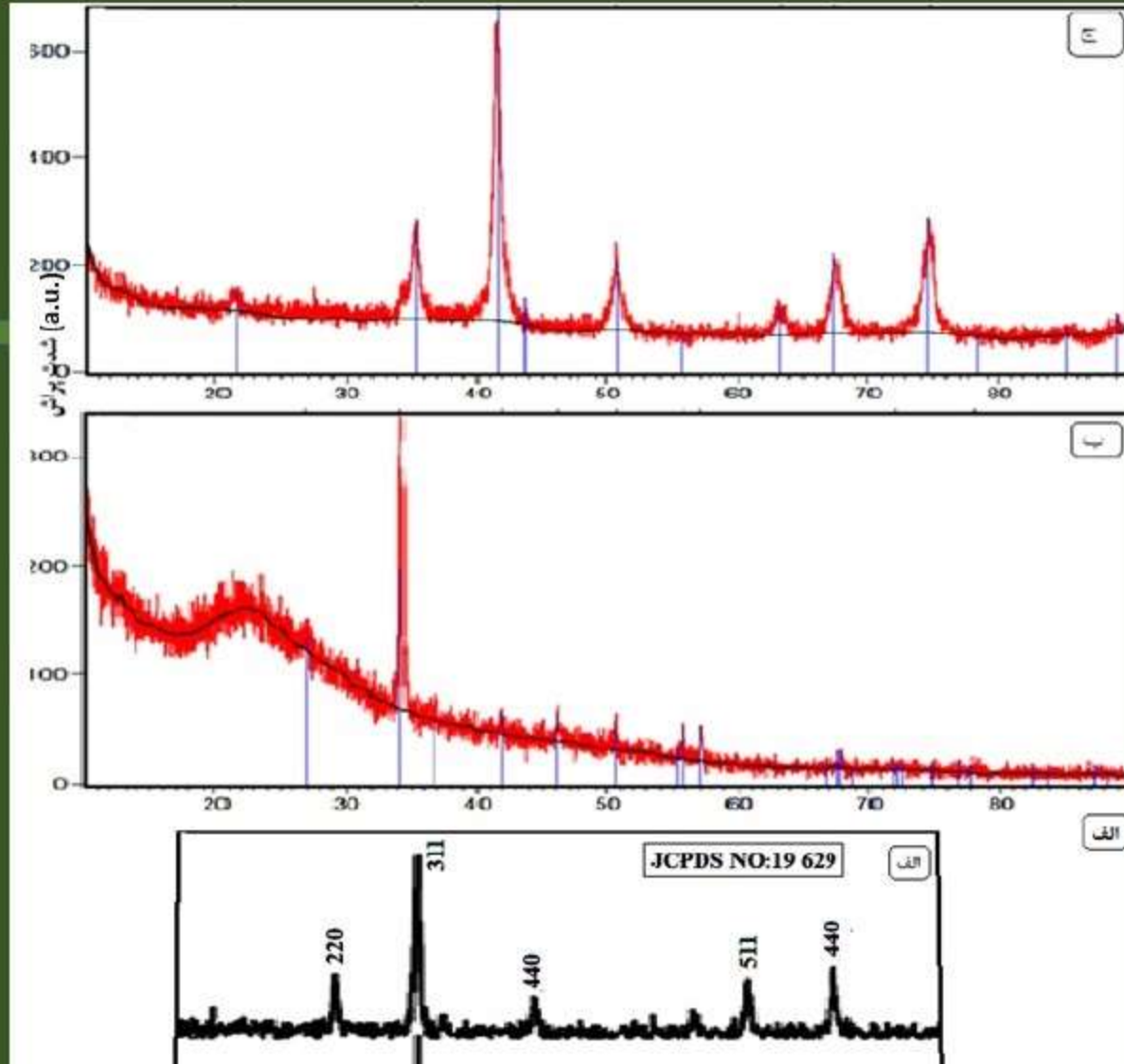


تصاویر (ج) SEM پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذره (د) SEM غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذره مغناطیسی اکسید آهن

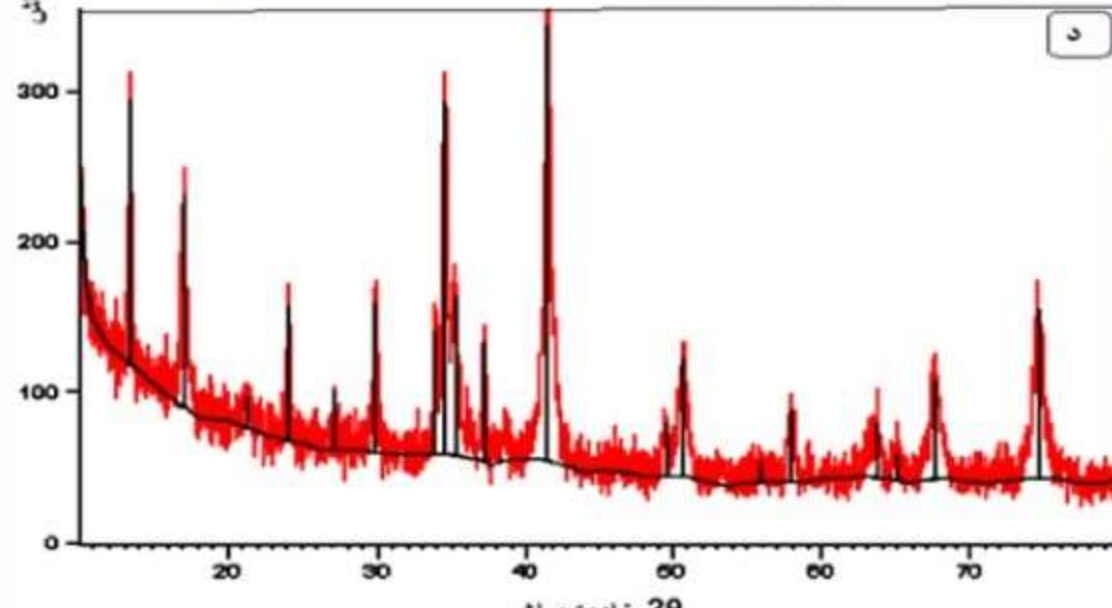
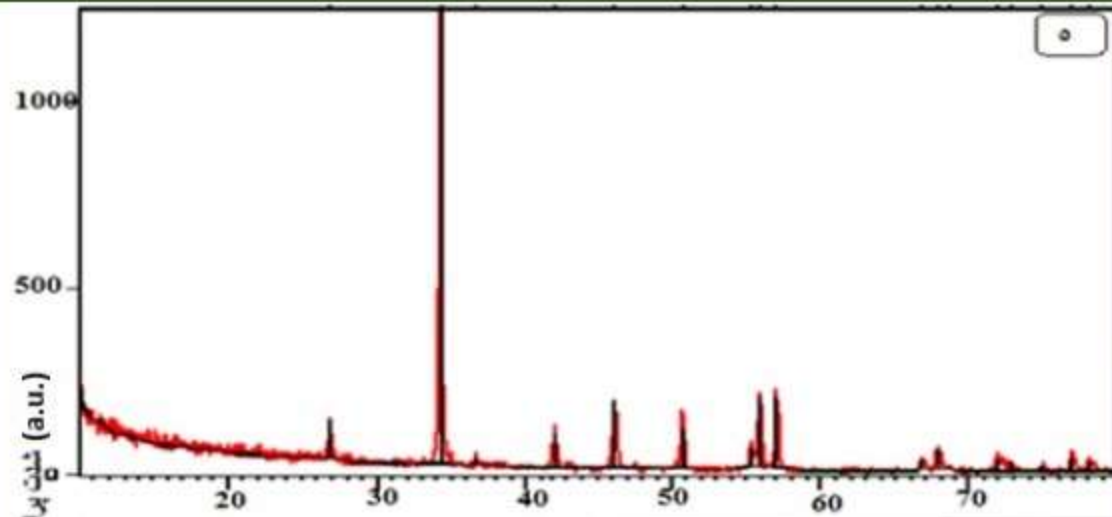
تصاویر SEM بدست آمده نشان می دهند که نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن بصورت موفقیت آمیز روی سطح جاذب های طبیعی پوسته و غشاء تخم مرغ جای گرفته است. همانطور که در شکل (ج) و (د) دیده می شود نانوذرات اکسید آهن مورفولوژی نامنظمی روی سطح جاذب های طبیعی دارند.

مطالعات پراش پرتو ایکس

به منظور بررسی ساختار و اندازه جاذب های طبیعی اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی از دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) استفاده شد. شکل (الف) تا (ه) الگوی پراش پرتو ایکس را برای جاذب های پوسته و غشاء تخم مرغ قبل و بعد از اصلاح شدن با نانوذرات مغناطیسی در مقایسه با الگوی مربوط به Fe_3O_4 از منبع استاندارد (JCPDS No.19-629) نشان می دهد



شکل - الگوی پراش (الف) XRD مربوط به Fe_3O_4
 (ب) XRD غشاء تخم مرغ فرآوری شده (ج)
 غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی (د)
 XRD پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذره (ه)
 XRD پوسته تخم مرغ فرآوری شده

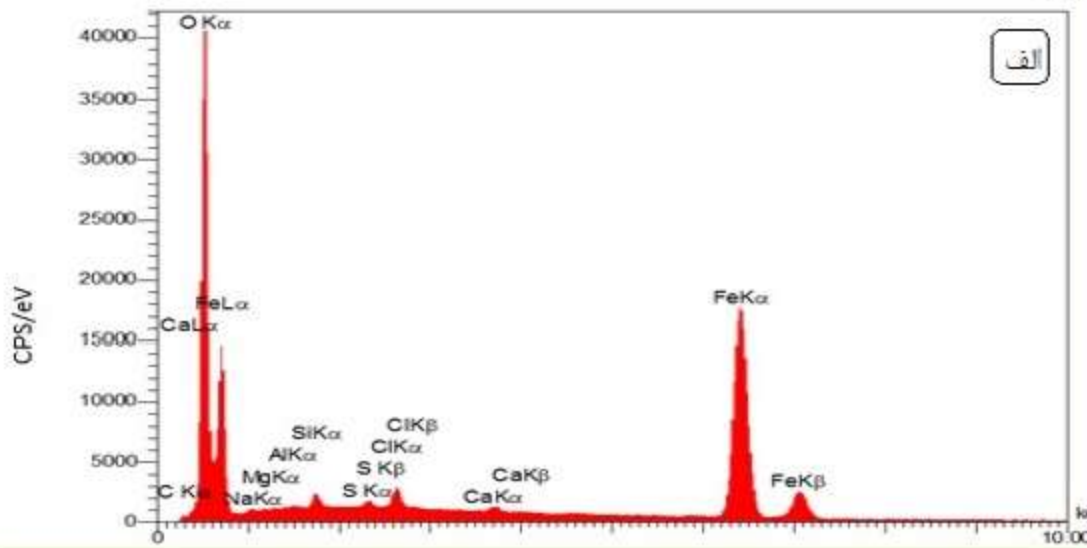
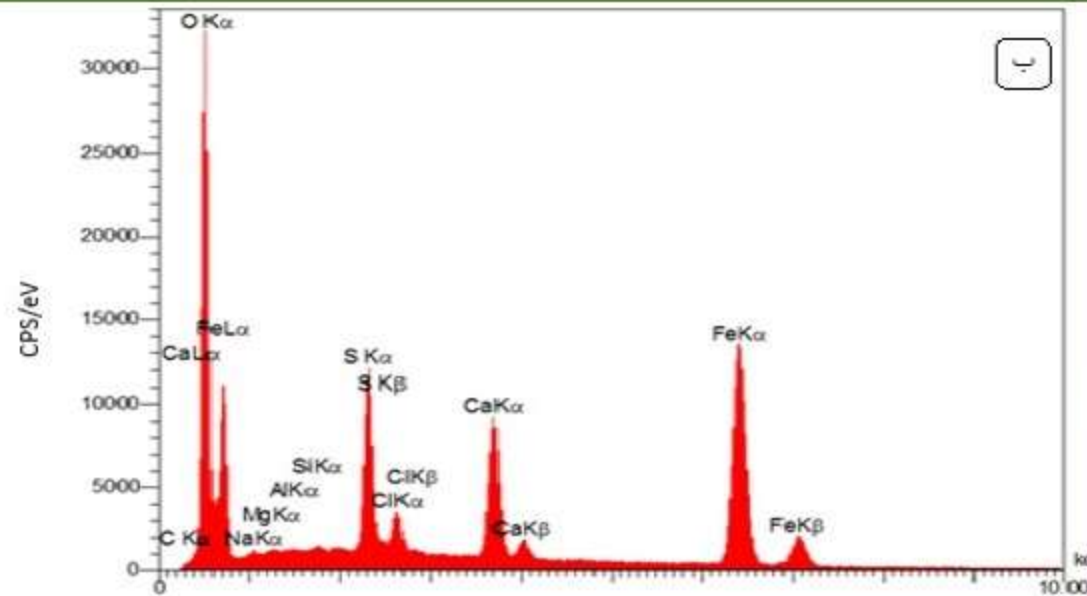


678678678678678678

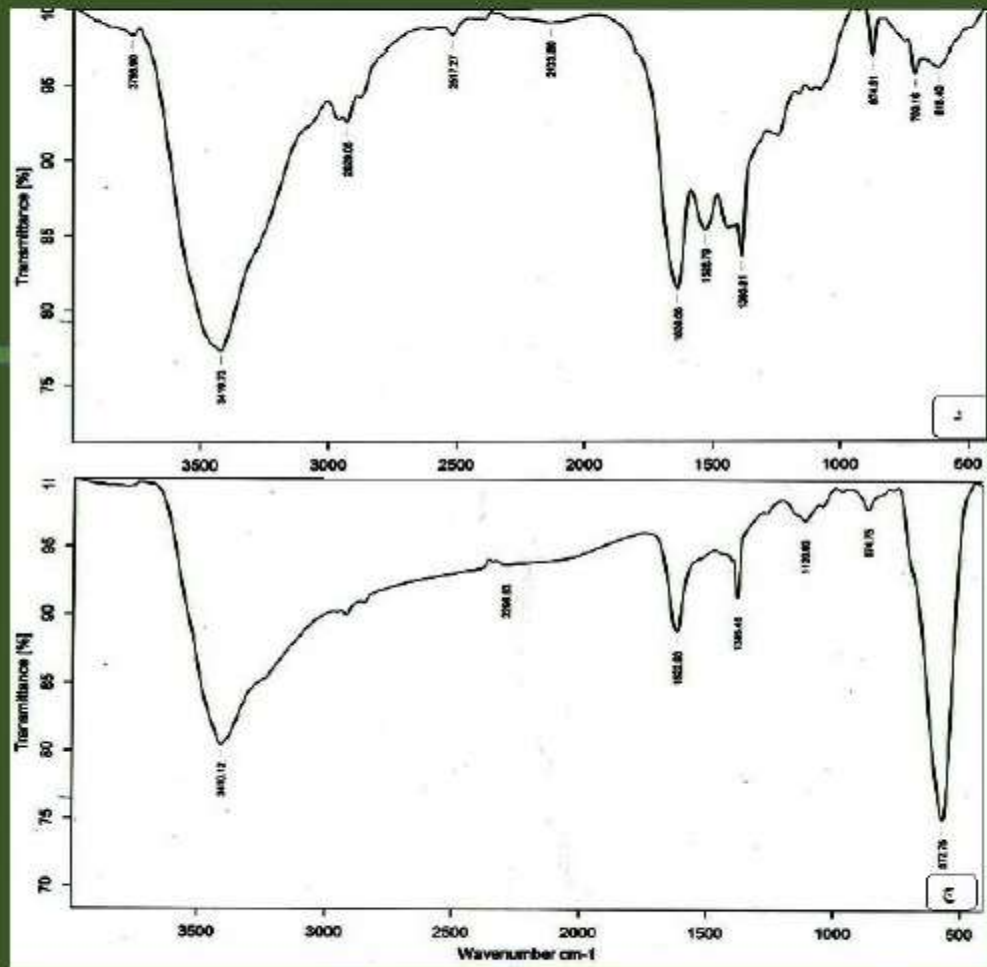
الگوی پراش (د) XRD پوسته تخم مرغ
اصلاح شده با نانوذره (ه) XRD پوسته تخم مرغ
مرغ فراوری شده



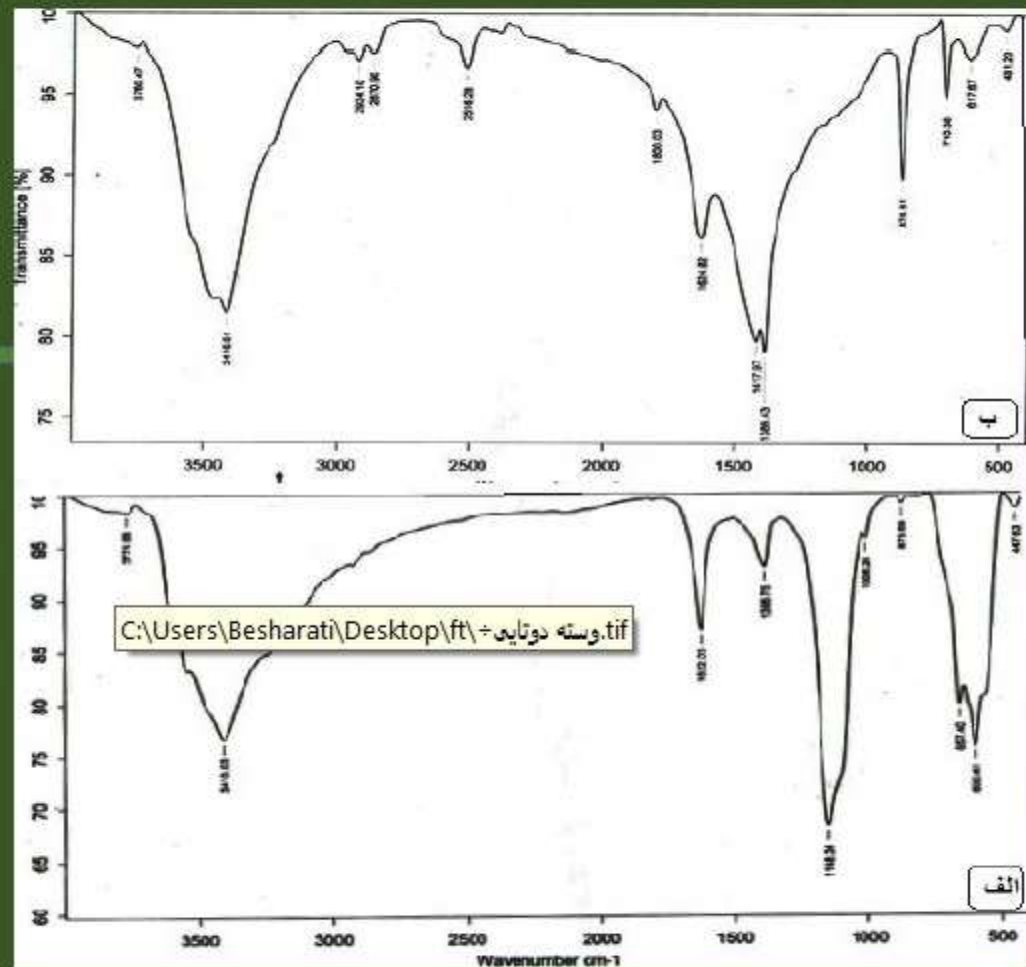
الگوی پراش پرتو ایکس در فواصل ۳۲/۳۴، ۱۴/۴۲، ۱۱/۴۶، ۷۶/۵۰ و ۸۸/۵۵ برای پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی و در فواصل ۳۶/۳۵، ۶۵/۴۱، ۷۰/۵۰، ۷۲/۶۷ و ۷۲/۷۴ برای غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی بر روی محور <C:\Users\DR besharati\Desktop\787878787.tif> مطابق با الگوی پراش پرتو ایکس مگنتیت در ۲/۳۰، ۶/۳۵، ۳/۴۳ و ۲/۵۷ می باشد (شکل ۳-۳-۳). تطابق کامل پیک های نتیجه شده از تکنیک پراش پرتو ایکس با مراجع استاندارد در JCPDS تاییدی بر اثبات سنتز نانوذره با روش پیشنهاد شده است



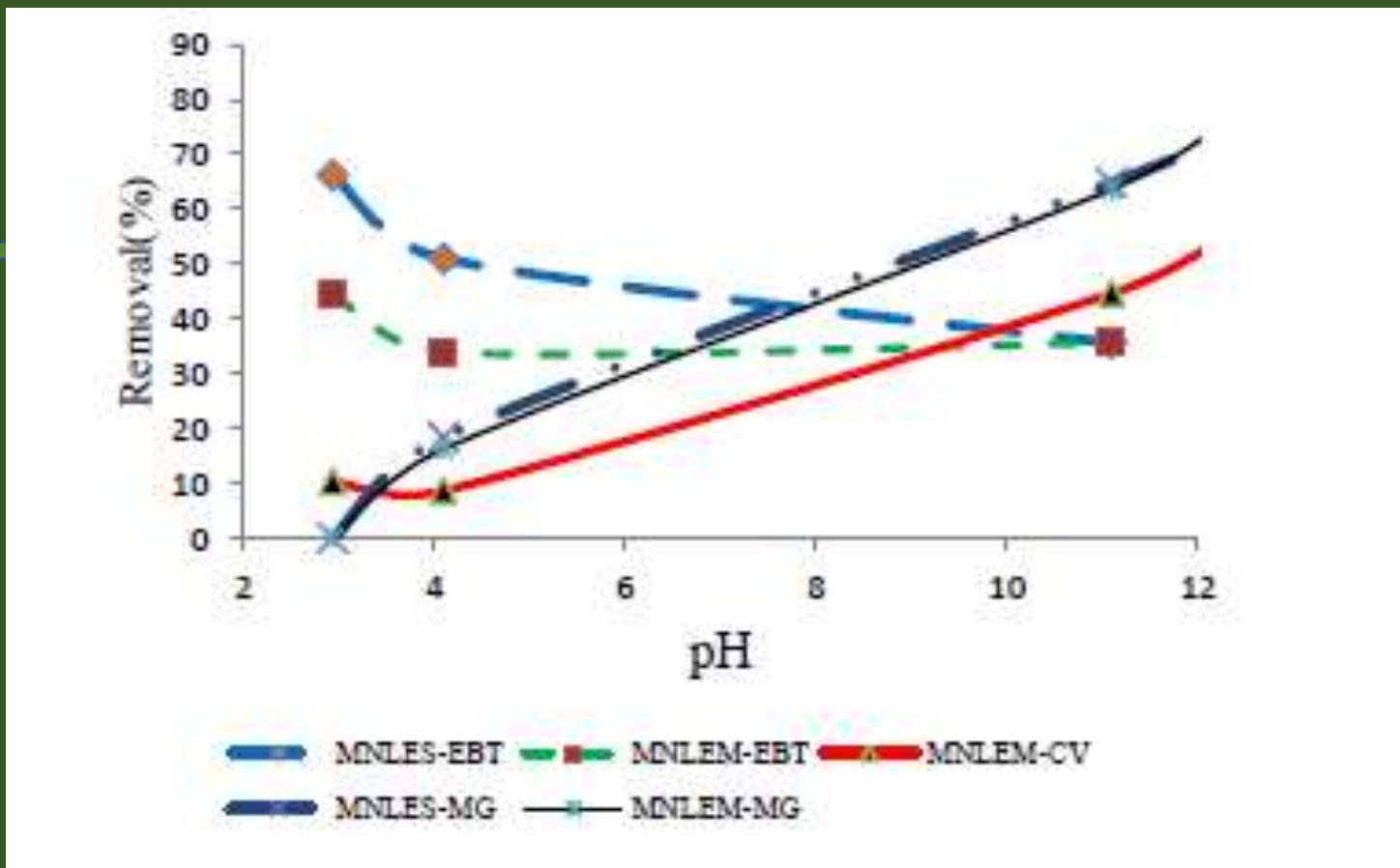
طیف EDX مربوط به پوسته تخم مرغ، غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی نشان می دهد. پوسته تخم مرغ همراه با غشاء ۹/۵٪ وزن تخم مرغ را شامل می شود و شامل نمکهای غیر آلی کلسیم کربنات، منیزیم کربنات، تری کلسیم فسفات، پروتئین، آب و لیپید می باشد لذا در طیف وجود عناصر موجود در ترکیبات نامبرده مشهود است. طیف نشان می دهد که درصد آهن در پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی ۵۷/۳۴٪ و درصد آهن در غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی ۷۵/۲۰٪ می باشد و به ازای یک گرم پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی میزان ۴۷/۰ گرم اکسید آهن و برای یک گرم غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی ۲۸/۰ گرم اکسید آهن وجود دارد. از مقدار بالای آهن و اکسیژن می توان وجود اکسید آهن را نتیجه گیری نمود. **طیف های (الف) EDX پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذره مغناطیسی (ب) EDX غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی**



طیف های (ج) FT-IR غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات
مغناطیسی اکسید آهن (د) FT-IR غشاء تخم مرغ فرآوری شده

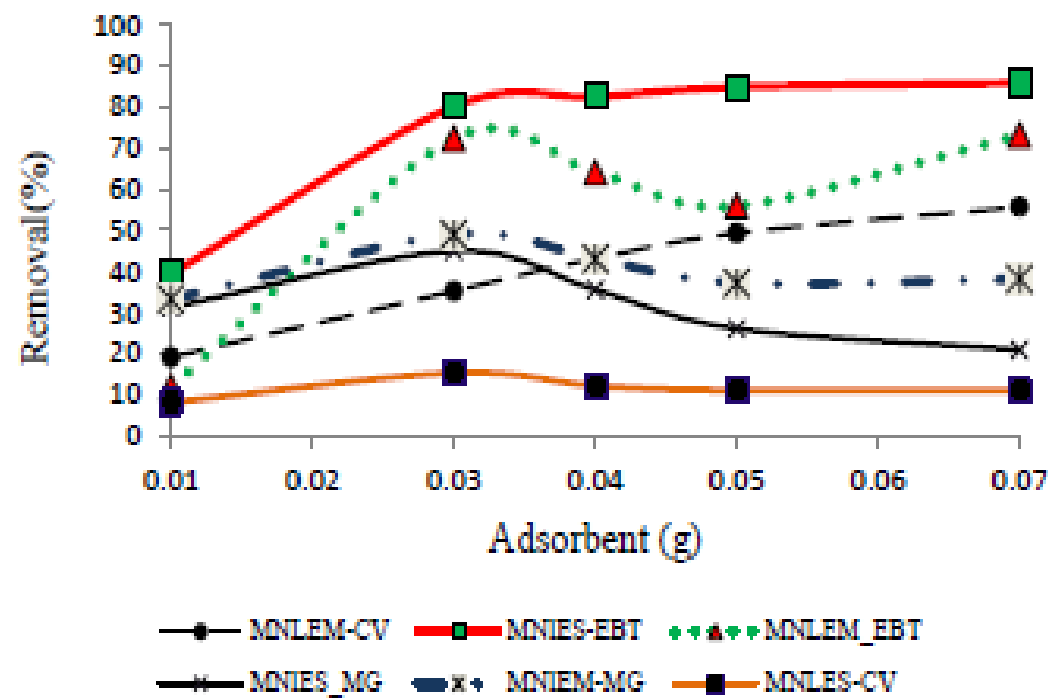


طیف های (الف) FT-IR پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات
مغناطیسی اکسید آهن (ب) FT-IR پوسته تخم مرغ فرآوری شده



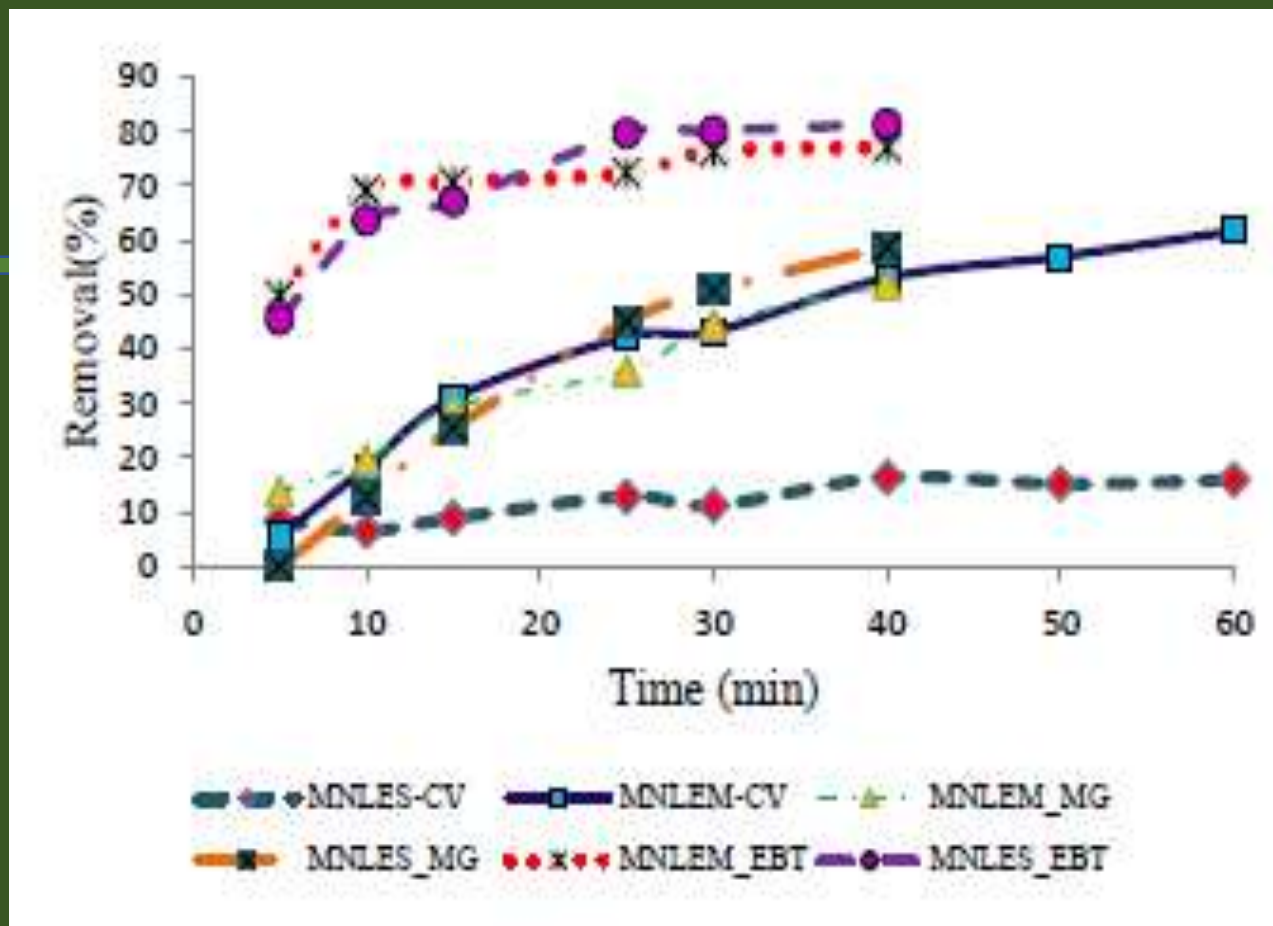
تاثیر pH محلول بر درصد حذف رنگینه

pH محلول بوسیله تاثیر روی شیمی محلول و سایت های اتصال سطحی با جاذب روی فرآیند جذب اثر می گذارد. اثر pH محلول روی حذف رنگینه در محدوده بین ۳ تا ۱۲ در زمان مناسب جذب برای هر جاذب بررسی گردید. شکل ۳-۳-۷ درصد حذف رنگینه را بر اساس تابعی از pH نشان می دهد. مشاهده می شود که کارایی حذف با افزایش pH محلول افزایش یافته و به ماکزیمم خود در محدوده ۷ تا ۱۲ برای رنگینه های کاتیونی مالاشیت گرین و کریستال ویولت می رسد. برای رنگینه آنیونی اریوکروم بلاک تی کارایی حذف رنگینه با کاهش pH محلول افزایش می یابد و در محدوده pH بین ۳ تا ۷ به ماکزیمم می رسد. یونیزاسیون گروه های عاملی قطبی در سطح جاذب بر بار الکتریکی سطح اثر گذاشته که این متاثر از pH محلول می باشد. در pH پائین سطح جاذب بصورت مثبت باردار شده که بدلیل دافعه بین بارهای همنام برای جذب رنگینه های کاتیونی مناسب نبوده و برای آلاینده های آنیونی مناسب است ولی در pH بالا سطح بصورت منفی باردار شده و برای جذب رنگینه های کاتیونی مناسب می باشد. بدلیل تاثیر pH روی باردار نمودن گروه های واکنش پذیر در سطح جاذب ها این گروه ها برای جذب رنگینه در محیط قلیایی تاثیر می پذیرند. علاوه بر این وجود یون های OH^- در محیط قلیایی بواسطه جذب الکترواستاتیکی برای جذب رنگینه های کاتیونی مناسب می باشد. اما در محیط اسیدی مقادیر اضافی از یون های H^+ وجود دارد که با رنگ های کاتیونی برای سایت های در دسترس جذب رقابت می کند. بنابراین pH=9 برای رنگینه های مالاشیت گرین و کریستال ویولت و pH=4 برای رنگینه اریوکروم بلاک تی انتخاب گردید.



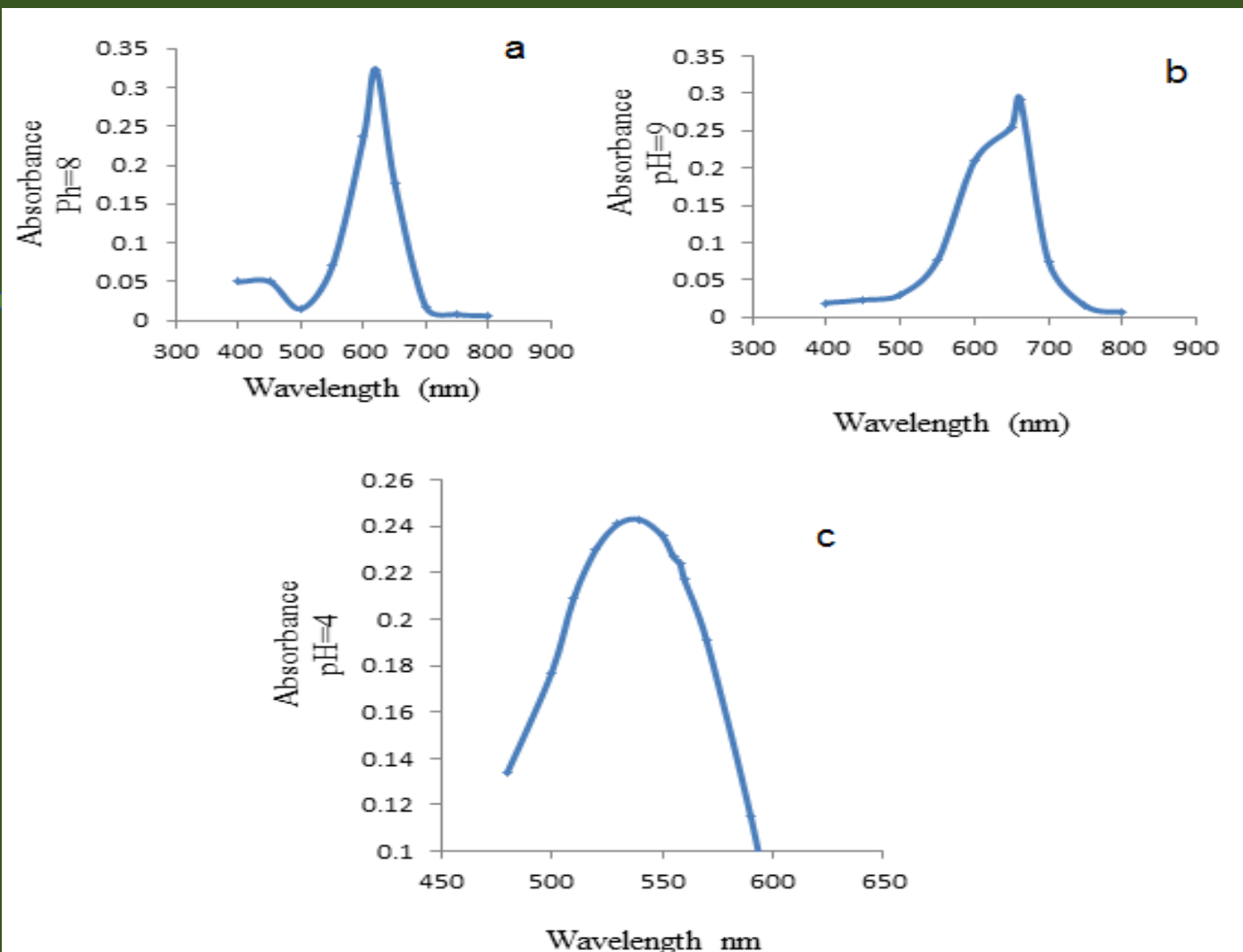
تأثیر مقدار جاذب بر حسب گرم بر میزان درصد حذف رنگینه

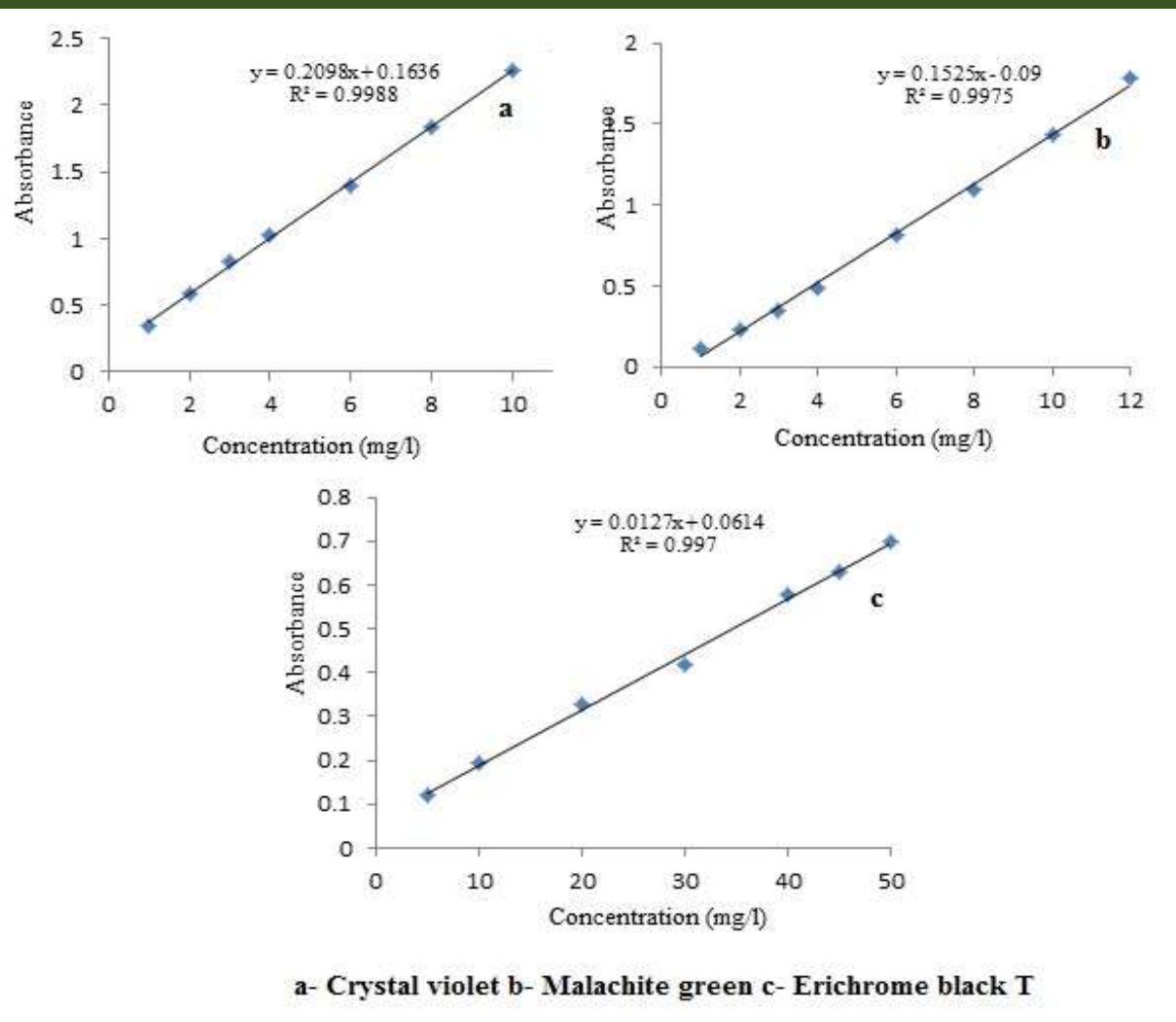
ارتباط بین جذب رنگینه ها با مقدار جاذب در درجه حرارت اتاق و در pH برابر با ۸ با تغییر مقدار جاذب از ۰/۱ تا ۰/۷ گرم در ۲۰ میلی لیتر (۵/۰ تا ۵/۳ گرم در لیتر) از محلول رنگینه های مالاویت گرین و کریستال ویولت (۴ میلی گرم بر لیتر) و اریوکروم بلاک تی (۴۰ میلی گرم بر لیتر) مطالعه شد. مشاهده شد که کارایی حذف رنگینه با افزایش مقدار جاذب بواسطه افزایش سطح جاذب و افزایش دسترس پذیری جاذب افزایش یافت. با افزایش مقدار جاذب، ظرفیت جذب (مقدار رنگینه جذب شده بر واحد وزنی جاذب) کاهش می یابد در مقادیر زیاد جاذب، با وجود افزایش تعداد سایت های در دسترس جذب در طی فرآیند جذب به دلیل ثابت بودن غلظت رنگینه بصورت اشباع نشده باقی می ماند که منجر به کاهش مقدار رنگینه جذب شده به ازای واحد جرم جاذب می شود. کارایی حذف برای مالاویت گرین با ۰/۳ گرم (۱/۵ گرم بر لیتر) از پوسته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی به ماکزیمم رسید و برای اریوکروم بلاک تی برای پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات با ۰/۵ گرم (۲/۵ گرم بر لیتر) و برای غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات با ۰/۳ گرم (۱/۵ گرم بر لیتر) به ماکزیمم رسید. همچنین کارایی حذف برای کریستال ویولت با ۰/۵ گرم (۲/۵ گرم بر لیتر) برای غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی رسید ولی برای پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی کارایی حذف بالایی برای کریستال ویولت نداشت. شکل ۳-۳-۸ اثر مقدار هر جاذب را بر درصد حذف رنگ نشان می دهد. لذا مطابق شکل در ادامه تحقیق مقدار ۰/۳ گرم از پوسته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی برای حذف رنگینه از ۲۰ میلی لیتر محلول مالاویت گرین و نیز مقدار ۰/۵ و ۰/۳ گرم از پوسته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی برای حذف رنگینه از ۲۰ میلی لیتر محلول اریوکروم بلاک تی و مقدار ۰/۵ گرم از غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی برای حذف رنگینه از ۲۰ میلی لیتر محلول کریستال ویولت انتخاب شد.



همچنانکه از شکل مشاهده می شود زمان ۳۵ دقیقه برای حذف مالاشیت گرین برای پوشته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی ، زمان ۴۰ دقیقه برای حذف کریستال ویولت توسط جاذب غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی و زمان ۲۰ دقیقه برای جذب اریوکروم بلاک تی توسط جاذب پوشته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی انتخاب گردید. شکل مشخص می سازد که درصد حذف رنگینه در شروع زیادتر بوده و این مرتبط با مساحت سطح بیشتر در دسترس پوشته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده می باشد ولی با افزایش زمان تماس، سایت های فعال کاهش یافته و سایت های خالی سطح پوشته و غشاء اصلاح شده با نانوذرات بواسطه نیروی دافعه بین مولکول های رنگینه باقیمانده در محلول سخت تر اشغال می شوند. مولکول های رنگینه که بار مثبت دارند روی سطح جاذب جذب شده و توسط مولکول های رنگینه غیر جذب شده دفع می گردند در نتیجه این موضوع از حرکت مولکول های باقیمانده به سمت سطح جاذب اصلاح شده ممانعت به عمل می آورد. تغییر ایجاد شده در میزان رنگینه جذب شده سبب جذب فیزیکی ضعیف پوشته و غشاء تخم مرغ اصلاح شده با نانوذره مغناطیسی می گردد.

Maximum wavelength of a- Malachite green b- methylene blue c- Erichrome black t

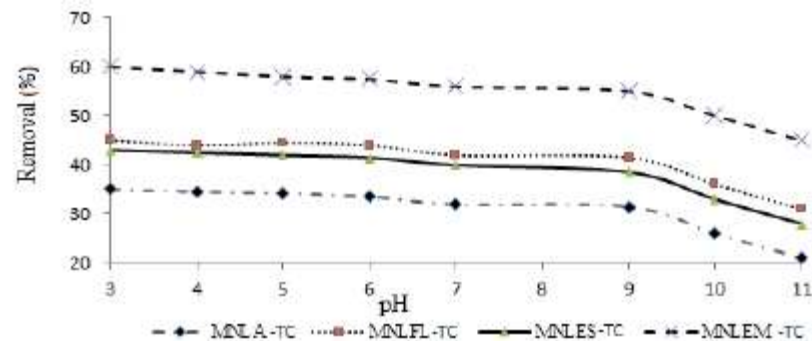




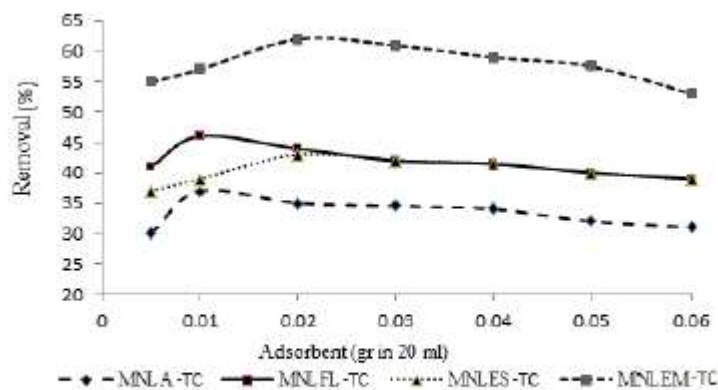
Pseudo-first order	K_1 (min^{-1})	1.46	0.014	0.0230	0.0217	0.02
	$q_{e,cal}$ (mg g^{-1})	4.32	1.103	0.056	0.227	1.858
	R^2	0.7219	0.0403	0.3912	0.058	0.1323
Pseudo-second order	k_2 ($\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1}$)	0.014	4.25×10^{-4}	0.047	0.033	0.017
	$q_{e,cal}$ (mg g^{-1})	14.77	14.224	1.012	3.19	22.07
	R^2	0.9955	0.6551	0.983	0.982	0.9988
Elovich	β	0.35	0.616	4.06	25.83	0.306
	α	8.88	12.11	0.091	1.7×10^2	58.82
	R^2	0.921	0.9933	0.9547	0.979	0.8493

Table 2. The constants values of different adsorption models.

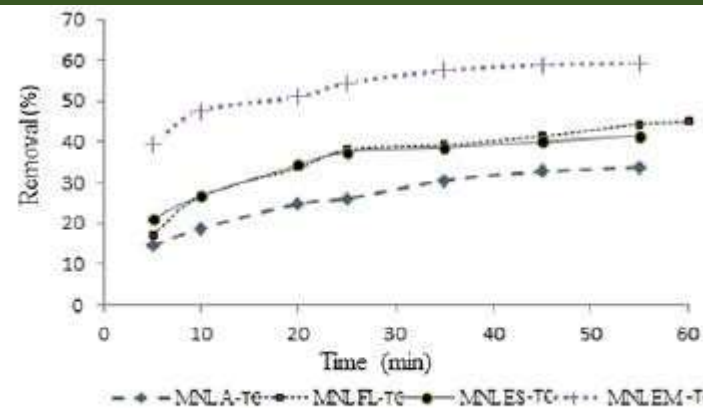
Isotherm models	Parameters	Adsorbent					
		MNLES			MNLEM		
		Dye			Dye		
		EBT	MG	CV	MG	EBT	
Langmuir	q_{\max} (mg g ⁻¹)		21.69	38.31	61.72	25.12	40
	R^2		0.9912	0.9678	0.9642	0.8908	0.9889
Freundlich	K_L (L mg ⁻¹)	0.04	0.12	-0.736	-0.42	7.81	
	K_F	2.07	156.31	600.48	1.9×10^3	18.31	
	n	1.34	1.35	-3.61	-0.54	14.53	
	R^2	0.9909	0.9809	0.9633	0.957	0.6727	
Temkin	K_1	6.9061	1819	-0.27	-373.03	1.234	
	R^2	0.9683	0.7402	0.806	0.7623	0.6502	
	K_2	0.67	1.024	0.139	0.138	3.72×10^6	



شکل ۳-۴-۲- تاثیر pH بر درصد جذب داره (غلظت تتراسایکلین ۴۴ میلی گرم بر لیتر، حجم داره ۲۰ میلی لیتر)



شکل ۳-۴-۳- تاثیر مقدار جاذب بر حسب گرم بر درصد جذب تتراسایکلین (غلظت داره ۴۴ میلی گرم بر لیتر، حجم رنگ ۲۰ میلی لیتر، pH=7)



شکل ۳-۴-۴- تاثیر زمان بر درصد جذب تتراسایکلین (غلظت تتراسایکلین ۴۴ میلی گرم بر لیتر، غلظت جاذب ۱ گرم بر لیتر برای جاذب های پوسته و

غشا، تخم مرغ اصلاح شده و ۱۵۰ گرم بر لیتر برای آزولا و برگ انجیر اصلاح شده با نانوذرات منقائپسی اکسید آهن- pH=7)

جدول ۱-۴-۳- پارامترهای بدست آمده از مدل های سینتیکی مختلف برای جذب تتراسایکلین توسط جاذب آزولا، برگ انجیر، پوسته و غشاه تخم مرغ

اصلاح شده با نانوذرات منناتپسی اکسید آهن

مدل های سینتیک	پارامترها	پوسته تخم مرغ اصلاح شده یا نانوذرات	غشاه تخم مرغ اصلاح شده یا نانوذرات	برگ انجیر اصلاح شده یا نانوذرات	آزولای اصلاح شده یا نانوذرات
		تتراسایکلین	تتراسایکلین	تتراسایکلین	تتراسایکلین
	ثابت سرعت (1/min)	۰/۰۵۶	۰/۰۴۹	۰/۵۰۸۹	۰/۱۳
مدل شبه	ظرفیت جذب در زمان تعادل (mg/g)	۰/۱۰۷	۰/۱۴۱۹	۰/۱۶۸	۰/۰۰۹
درجه اول	ضریب همبستگی	۰/۶۳۲۸	۰/۶۲۲۴	۰/۵	۰/۴۹۸۵
	ثابت سرعت (g/mg.min)	۰/۰۴۶	۰/۰۷۳	۴/۰۸	۰/۳۰۳
مدل شبه	ظرفیت جذب در زمان تعادل (mg/g)	۰/۷۴۹	۰/۷۵۵	۰/۶۷۶	۰/۹۲۰
درجه دوم	ضریب همبستگی	۰/۹۹۷۷	۰/۹۹۵۸	۰/۹۹۶۸	۰/۹۹۱۲
	ثابت واجذب (g/mg)	۶/۲۳۸	۵/۶۹	۲۴/۷۵	۵/۲۴۳
الویج	نرخ جذب اولیه (mg/g.min)	۰/۰۵۸	۰/۰۸۵	۲/۳×۱۰ ^۴	۰/۳۷۳
	ضریب همبستگی	۰/۹۸۸۵	۰/۹۹۳۱	۰/۶۰۳۶	۰/۹۲۱۷

جدول ۳-۴-۲- مقادیر ثابت های مدل های مختلف ایزوترم جذب برای جذب داروی تتراسایکلین توسط جاذب آزولا، برگ انجیر، پوسته تخم
مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی اکسید آهن

مدل های ایزوترم	پارامترها	غشاه تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات	پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات	آزولای اصلاح شده با نانوذرات	برگ انجیر اصلاح شده با نانوذرات
		تتراسایکلین	تتراسایکلین	تتراسایکلین	تتراسایکلین
لانگمویر	ظرفیت جذب (mgg^{-1})	۳۹۱۸۴	۲۵۱۶۴	۲۲۱۹۸	۲۹۱۹۴
	ضریب همبستگی	-۱۹۹۵۶	-۱۷۹۹۴	-۱۹۹۹۱	-۱۹۹۳۲
	ثابت لانگمویر (Lmg^{-1})	-۱-۲۵	-۱۱۵	۱/۲۶	-۱-۱۱۲
فروندلیج	ثابت فروندلیج ($(mg/g)(L/g)^{1/n}$)	$1/8 \times 10^{-7}$	۳۱-۳	۱۸۱-۷	۱۱/۹۲
	فاکتور غیر همگنی	-۱۵۵۱	۱/۳۷۳	۱۹۱-۱	۳۱۶۲
	ضریب همبستگی	-۱۸۹-۵	-۱۹۷۱۵	-۱۶۵۹۵	-۱۷۷۷
تمکین	ثابت مرتبط با گرمای جذب (kJ/mol)	-۱-۱۸	-۱۷۷۲	۱/۱۲۷۷	۵/۲۵۴۱
	ضریب همبستگی	-۱۶۵۵۴	-۱۹۴۳۳	-۱۶۴۲۴	-۱۷۳۷۶
	ثابت تمکین (L/g)	5×10^{-7}	-۱۵۲۵	$7/6 \times 10^{-7}$	۱۱/۳۳۹

معاونت علمی و فناوری

شبکه دانش کشاورزی

سلسله برنامه‌های ویدیو کنفرانس انتقال دانش به‌روز در گستره ملی بخش کشاورزی

عنوان:

...استفاده از پوسته تخم مرغ اصلاح شده با نانوذرات مغناطیسی

برای جذب آلاینده‌های رنگی و دارویی

سخنران:

دکتر نائره بشارتی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

محقق معین و مدرس