



## سنتز نانو ذرات زینک تیتانیوم دی اکسید و بررسی کارایی آن در حذف رنگ مالاشیت سبز

کلارا بهمنی، فاطمه قنبری\*

گروه شیمی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

\* Email:Ghanbary83@yahoo.com

### چکیده

در این کار تحقیقی نانو ذرات  $ZnTiO_3$  به طور موفقیت آمیز به روش سل-ژل تهیه شد. در تهیه این نانو ذرات از زینک استات و تترا ان بوتیل اورتو تیتانات به ترتیب به عنوان منبع روی و تیتانیوم و از استتاریک اسید به عنوان کمپلکس کننده استفاده شد. طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) به ترتیب برای شناسایی، تشخیص فازی و تعیین اندازه و مورفولوژی ذرات به کار گرفته شدند. اندازه نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید سنتز شده در محدوده بین ۵۶-۳۷ نانومتر به دست آمد.

برای بررسی کارایی نانو ذرات سنتز شده در حذف آلاینده ها از مالاشیت سبز به عنوان یک آلاینده مدل استفاده شد. برای بدست آوردن شرایط بهینه اثر غلظت آلاینده، pH، زمان و مقدار جاذب  $ZnTiO_3$  مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ها نشان داد که نانو ذره  $ZnTiO_3$  در حذف مالاشیت سبز از کارایی بالایی برخوردار است.

واژه های کلیدی: نانو ذره، حذف،  $ZnTiO_3$ ، سل-ژل و مالاشیت سبز



## ۱- مقدمه

آب سالم که عاری از مواد شیمیایی سمی و عوامل بیماری زاست برای سلامتی انسان ضروری است. همچنین آب سالم یک ماده حیاتی در بسیاری از صنایع کلیدی از جمله الکترونیک، دارو و مواد غذایی محسوب می‌شود. با توجه به گسترش وقوع خشکسالی، افزایش رشد جمعیت، تشدید و بهبود مقررات بهداشتی و افزایش رشد مصرف آب، در تامین آب سالم جهان با چالش‌های زیادی روبرو است [۱].

علیرغم اینکه ۲/۳ سطح زمین را آب پوشانده است اما امروزه مسئله بحران آب در جوامع انسانی وجود دارد. با افزایش جمعیت جهان و نیز مصرف آب آشامیدنی بیشتر از یک سو و آلوده شدن بخش قابل ملاحظه از آب از سوی دیگر، منابع آب قابل شرب با شتاب بیشتری کاهش می‌یابد. بر اساس پیش‌بینی سازمان ملل در سال ۲۰۲۵ حدود ۴۸ کشور (یعنی ۳۲ درصد جمعیت جهان) دچار کمبود آب آشامیدنی خواهند شد [۲].

آب‌های زیرزمینی به رودخانه‌ها و در نهایت به دریاها راه پیدا می‌کند، بنابراین آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌تواند خطر زیست‌محیطی جدی باشد. در این میان آلاینده‌های رنگی در مقایسه با دیگر آلاینده‌ها بسیار خطرناک‌تر بوده و در حقیقت رنگی بودن این آلاینده‌ها، شاخصی است که می‌توان از آن برای شناسایی مواد آلاینده خطرناک استفاده کرد. . پساب‌های نساجی به عنوان یکی از بزرگ‌ترین منابع آلاینده شناخته شده است که اثرات زیست‌محیطی مخربی به جا می‌گذارد. مواد رنگی موجود در این پساب‌ها خطری در کمین آب‌های زیرزمینی و موجودات ساکن این اکوسیستم است. دانشمندان و مهندسان آب در حال تحقیق در مورد افزایش کیفیت آب همسو با افزایش مصرف آن با توجه به رعایت مقررات و استانداردهای سخت‌گیرانه هستند. پیشرفت در علوم مهندسی در مقیاس نانو فرصت‌های بی‌سابقه‌ای برای توسعه فرایندهای قابل قبول تصفیه آب مقرون به صرفه و سازگارتر با محیط زیست فراهم می‌آورد برای تصفیه پساب‌های نساجی از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد تا بتوان آلاینده‌های رنگی را از این پساب‌ها حذف کرد. یکی از مقرون به صرفه‌ترین و رایج‌ترین این روش‌ها، استفاده از جاذب‌هایی است که می‌توانند مواد رنگی موجود در این پساب‌ها را به دام اندازند. این جاذب‌ها انواع مختلفی دارند که با توجه به میزان ظرفیت جذب آنها، راندمان و تاثیرگذاری این آلاینده‌ها در از بین بردن مواد رنگی می‌توان آنها را در گروه‌های مختلفی طبقه‌بندی کرد [۳]. در این بین نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم کاربرد وسیعی در حذف آلاینده‌های زیست‌محیطی دارد. محققان زیادی در حذف آلاینده‌ها از این ماده استفاده کرده‌اند [۴-۱۸].



جنبه جدید و نوآوری بودن این تحقیق این است که برای اولین بار از نانوذرات زینک تیتانیوم دی اکسید به عنوان جاذب در حذف آلاینده ها استفاده شده است. برای تهیه این نانوذرات از روش سل ژل به دلیل سهولت انجام کار و کنترل پذیر بودن شکل نانوذرات به دست آمده استفاده شده است

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- دستگاه ها و مواد

روشی الکترونی میکروسکوپ ، دستگاه PTS 3003 مدل X-Ray diffraction دستگاه آنالیز عنصری المر، پرکین FT-IR فوریه تبدیل قرمز مادون سنج طیف ، دستگاه TESCAN شرکت ساخت VEGA مدل ساخت کوره ، E60H Elmasonic مدل التراسونیک دستگاه المر، پرکین پرتویی دو اسپکتروفتومتر دستگاه دقت ۰/۰۰۱ استفاده با Mettler دیجیتالی ترازوی و IKA مغناطیسی زن بهم خودساز، دستگاه ایران شرکت شد. زینک استات ، تترا ان بوتیل اورتو تیتانات و استتاریک اسید از شرکت مرک آلمان تهیه شد. در طول آزمایش از آب دیونیزه برای تهیه محلول ها استفاده شد.

### ۲-۲- روش تهیه نانوذرات زینک تیتانیوم اکسید

در این کار تحقیقی از یک نوع روش سنتزی شیمی تر، ژل استتاریک اسید، برای سنتز نانوذرات خالص زینک تیتانیوم اکسید استفاده شده است. به علاوه این فرایند سنتزی به راحتی کنترل شده و روش مناسبی است. روش سل ژل نتایج جالبی از قبیل دمای پایین، همگنی و خلوص بالاتر مواد حاصل را نشان داد. ابتدا به ۲ مول استتاریک اسید ذوب شده در ۷۳ درجه سانتی گراد مقدار ۱ مول زینک استات و ۱ مول تترا-n - بوتیل اورتوتیتانات اضافه نموده و هم می زنیم. سپس آن را به داخل کوره الکتریکی انتقال داده تا ۴۰۰ درجه سانتی گراد حرارت می دهیم تا خشک شود. به مدت ۱ ساعت در همان دما (۴۰۰) درجه نگه می داریم تا ناخالصیهای مربوط به استتاریک اسید حذف شوند در نهایت با سرعت 5<sup>o</sup>/min دمای آن را به ۸۵۰

درجه رسانیده تا عمل کلسیناسیون کامل شود. نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید جهت طیف گیری FT-IR و XRD و SEM آماده است.

### ۲-۳- روش کار

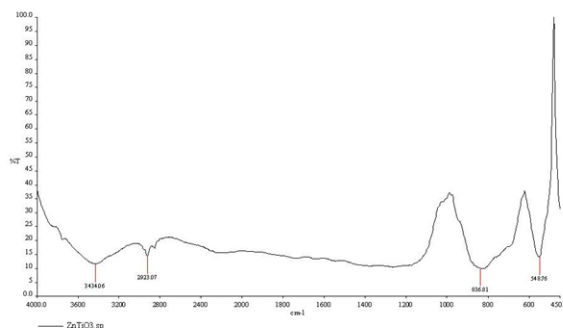
در این تحقیق مقداری از جاذب نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید به محلول هایی با غلظت های مختلف از مالاشیت تحت دمای آزمایشگاه اضافه شده سپس در زمان های مختلف غلظت آزاد محلول ها با دستگاه اسپکتروفتومتر دو پرتویی خوانده و ثبت می شود. فاکتورهای بهینه مانند pH ، زمان تماس و مقدار جاذب از روی نمودارهای درصد حذف بر حسب فاکتورهای فوق مشخص می گردد.

### ۳- بحث و نتایج

#### ۳-۱- شناسایی و بررسی نانو ذره زینک تیتانیوم اکساید

##### ۳-۱-۱- شناسایی به روش طیف سنجی مادون قرمز

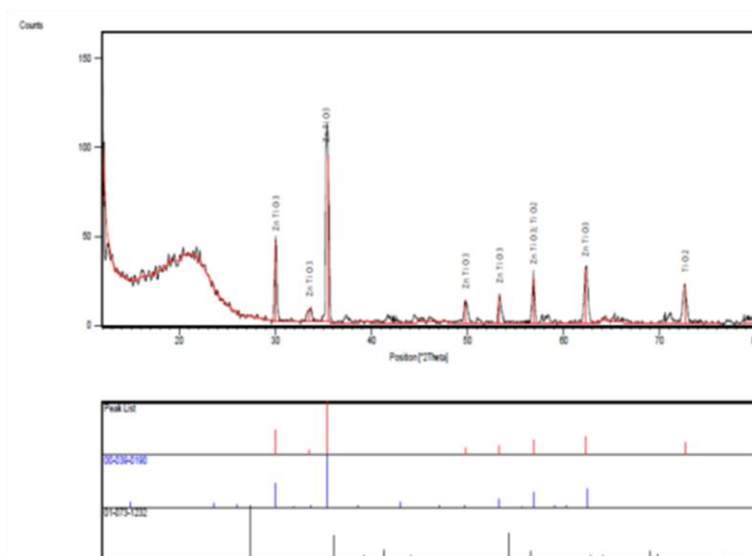
شکل (۱) طیف مادون قرمز نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید را نشان می دهد. در طیف IR باندهای جذبی موجود در  $548.76 \text{ Cm}^{-1}$  و  $836.81 \text{ Cm}^{-1}$  به تشکیل  $\text{ZnTiO}_3$  برمی گردد. همچنین باند جذبی موجود در  $3434.06 \text{ Cm}^{-1}$  در طیف مربوط به ارتعاشات کششی گروه OH- آب جذب شده است.



شکل ۱- طیف FT-IR نانو ذره زینک تیتانیوم اکسید

**۳-۱-۲- بررسی فاز و مورفولوژی نانوذرات زینک تیتانیوم اکسید به روش پراش پرتو ایکس**

شکل (۲) الگوی XRD نانوذرات زینک تیتانیوم اکسید را نشان می‌دهد. طبق نتایج نشان داده شده، نانوذرات تشکیل شده از نوع مکعبی می‌باشد. که با ایکس آر دی سینگل کریستال کاملا مطابقت دارد. لازم به ذکر است مقدار بسیار ناچیز تیتانیوم دی اکساید نیز در محصول وجود دارد که براحتی می‌توان از آن صرف نظر کرد.

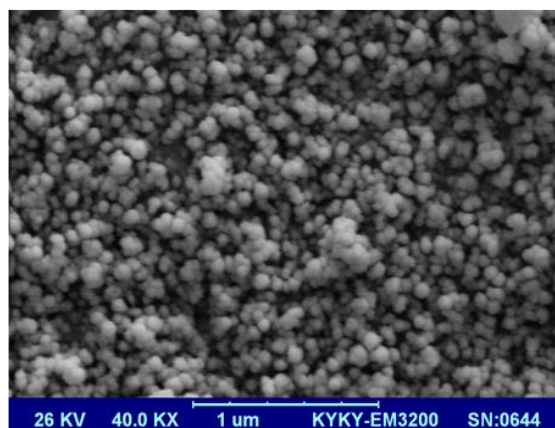
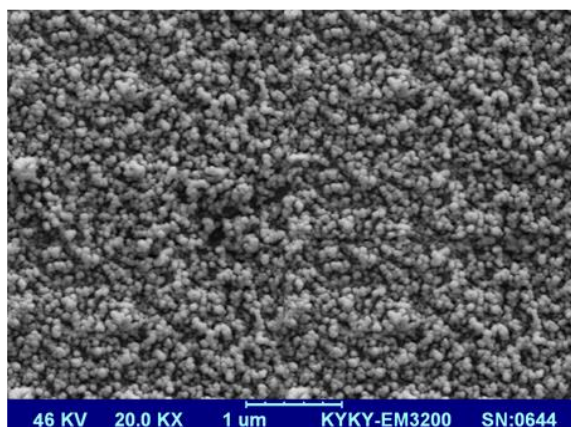
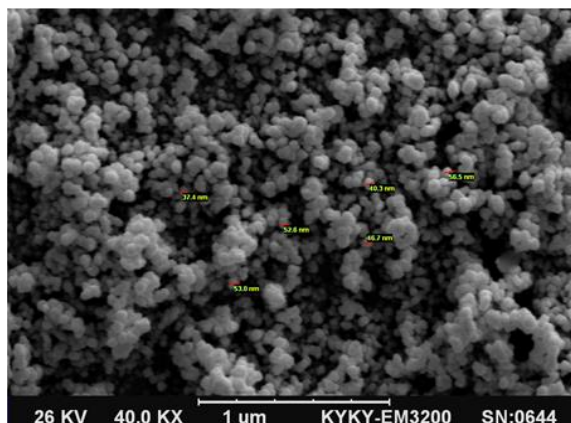


شکل ۲ - طیف XRD نانو ذره زینک تیتانیوم اکسید

**۳-۱-۳- بررسی طیف ریزنگار میکروسکوپ الکترونی**

شکل (۳) ریزنگار میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذرات زینک تیتانیوم اکسید را نشان می‌دهد. همان طور که شکل نشان می‌دهد میانگین اندازه ذرات به دست آمده تقریباً ۴۱ nm می‌باشد.





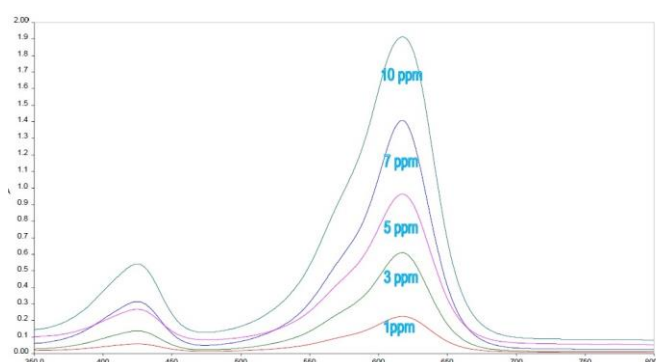
شکل ۳- طیف SEM نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید

۳-۲- بررسی کارایی جاذب زینک تیتانیوم اکسید در حذف آلاینده مالاشیت سبز

۳-۲-۱- رسم منحنی کالیبراسیون جذب مالاشیت سبز در مقابل غلظت های متفاوت آن



برای اندازه گیری غلظت MG از مشخصات جذبی این ماده در ناحیه ی UV-Vis استفاده شد. جهت تعیین طول موج ماکزیمم (max) در محدوده ۳۵۰ الی ۸۰۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر دوپرتویی طیف جذبی برای نمونه های ۱-۱۰ ppm از مالاشیت سبز رسم گردید. همان طوری که در شکل ۴ دیده می شود، مالاشیت سبز جذب ماکزیمم در طول موج ۶۲۵ نانومتر نشان می دهد، لذا همین طول موج برای اندازه گیری غلظت مالاشیت سبز انتخاب شده است.

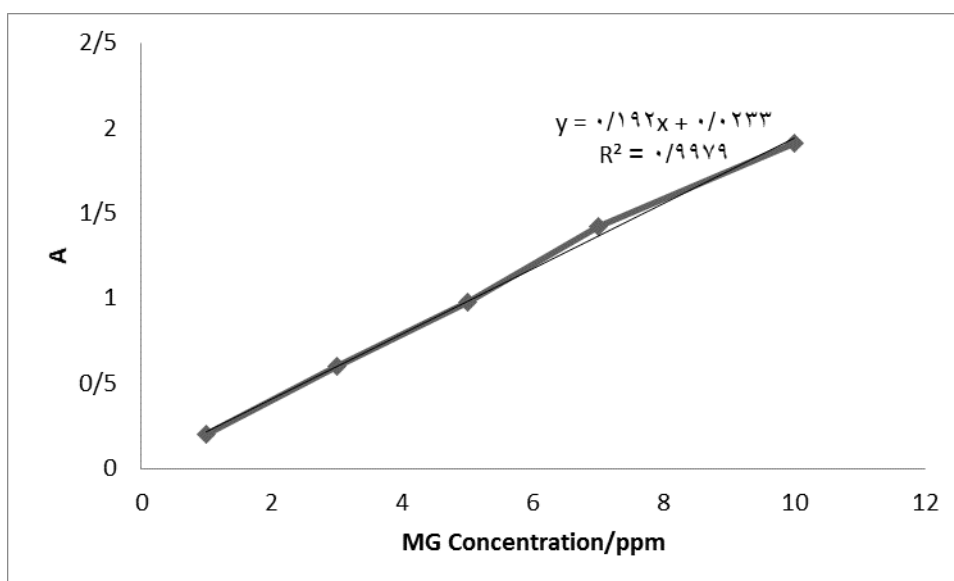


شکل ۴ - طیف UV-VIS محلول مالاشیت سبز با غلظت های ۱-۱۰ ppm

رسم منحنی کالیبراسیون جهت تعیین غلظت نمونه هایی که توسط جاذب، رنگ آنها حذف شده است ضروری می باشد. به همین دلیل مالاشیت سبز با غلظت های مختلف تهیه و جذب آنها در طول موج ۶۲۵ نانومتر اندازه گیری و ارائه شده است. منحنی کالیبراسیون شکل ۵ بر اساس داده های موجود در جدول ۱ رسم شده است.

جدول ۱- تغییرات غلظت و مقدار جذب

غلظت مالاشیت سبز بر حسب میلی گرم بر لیتر	جذب
۱	۰/۲۰۱
۳	۰/۶۰۱
۵	۰/۹۷۵۴
۷	۱/۴۱۸۳
۱۰	۱/۹۱۱۸



شکل ۵ - منحنی کالیبراسیون مالاشیت سبز

### ۳-۲-۲- بررسی درصد حذف مالاشیت سبز براساس pH های متفاوت

pH یکی از مهمترین پارامترهایی است که می تواند ظرفیت جذب جاذب را با توجه به پتانسیل نقطه بار صفر  $pH_{PZC}$  افزایش دهد. برای بدست آوردن  $pH_{PZC}$  ابتدا ۰/۱ گرم جاذب به هشت بشر اضافه شده و  $pH_1$  آنها توسط محلول های رقیق NaOH و HCl، ۰/۱ مولار بین ۲ تا ۹ تنظیم می گردد سپس بعد از ۲۴ ساعت مجدداً  $pH_2$  آنها توسط دستگاه pH متری خوانده می شود در نهایت  $\Delta pH$  در مقابل  $pH_1$  رسم شده هر جا که منحنی نمودار  $pH_1$  را قطع کند آن نقطه  $pH_{PZC}$  یا همان pH نقطه بار صفر در نظر گرفته می شود. همچنانکه در شکل ۶ مشاهده می شود pH نقطه بار صفر مربوط به جاذب ۶ می باشد که در این pH جاذب از لحاظ بارالکتریکی خنثی می باشد و با توجه به اینکه مالاشیت سبز یک رنگ کاتیونی است پس باید اطراف جاذب بار الکتریکی منفی باشد پس در  $pH > 6$  اطراف جاذب دارای بارالکتریکی منفی و درصد حذف بیشتر می شود. جدول ۲  $pH_1$  و  $pH_2$  و تغییرات  $\Delta pH$  بر حسب  $pH_1$  را نشان می دهد. که





pH<sub>1</sub> پتانسیل هیدروژن در روز اول و pH<sub>2</sub> پتانسیل هیدروژن بعد از ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد. همچنانکه در جدول ۳، نشان داده شده است به ۵۰ میلی لیتر محلول ۱۰ میلی گرم در لیتر مالاشیت سبز که pH آنها از ۶ تا ۹ متغیر می‌باشد مقدار ۰/۱ گرم نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید اضافه شده و مدت زمان ۳۰ دقیقه به آن فرصت داده می‌شود که توسط شیکر همزده شود سپس توسط سرنگ یکبار مصرف فیلتر شده و جذب محلول خوانده می‌شود و غلظت آن از روی معادله منحنی کالیبراسیون محاسبه می‌شود و سپس در فرمول (۱) درصد حذف قرار داده می‌شود که  $C_0$  غلظت ابتدایی بر حسب میلی گرم بر لیتر،  $C$  غلظت نهایی بر حسب میلی گرم بر لیتر مالاشیت سبز و نمودار درصد حذف %R بر حسب pH (شکل ۷) رسم می‌شود. همچنانکه در شکل ۷ مشاهده می‌شود در pH=8 بیشترین درصد حذف را داریم بنابراین برای بهینه کردن سایر پارامترها از PH=8 استفاده خواهیم کرد.

$$\%Remove = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

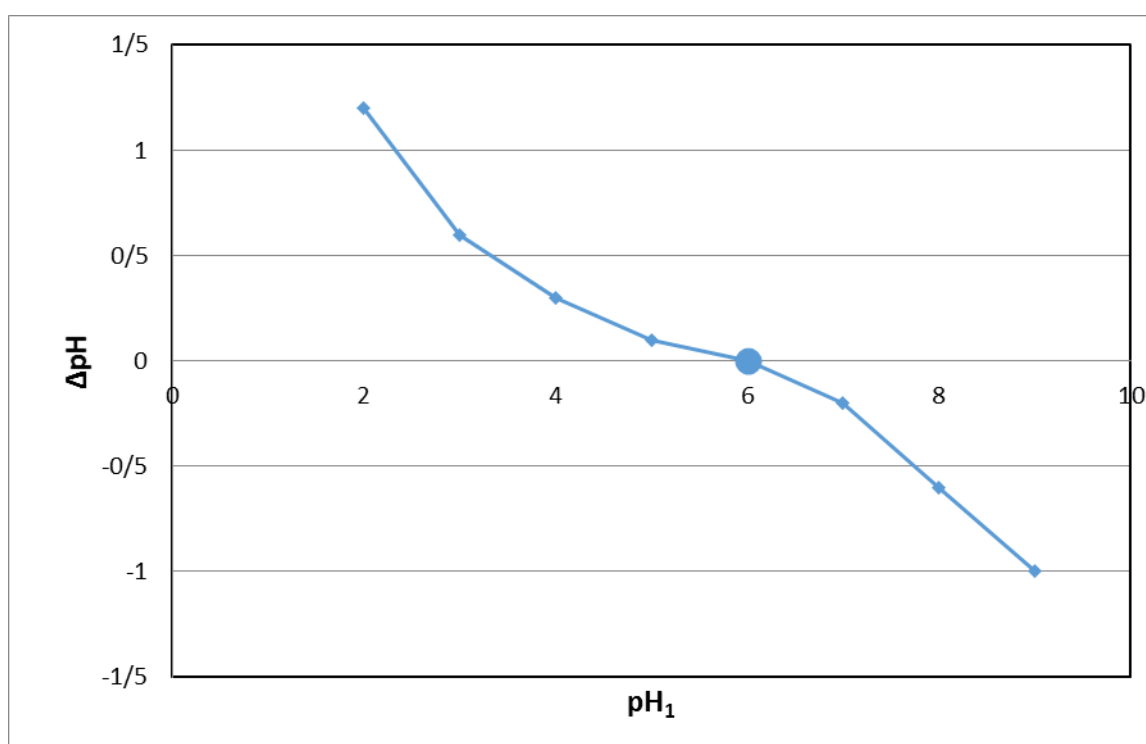
جدول ۲- pH<sub>1</sub> و pH<sub>2</sub> و تغییرات ΔpH بر حسب pH<sub>1</sub>

pH 1	pH2
2	-0.8
3	-2.4
4	-3.7
5	-4.9
6	-6
7	-7.2
8	-8.6
9	-10

pH 1	ΔpH
------	-----



2	1.2	
3	0.6	
4	0.3	
5	0.1	
6	0	PH <sub>PZC</sub> =6
7	-0.2	
8	-0.6	
9	-1	

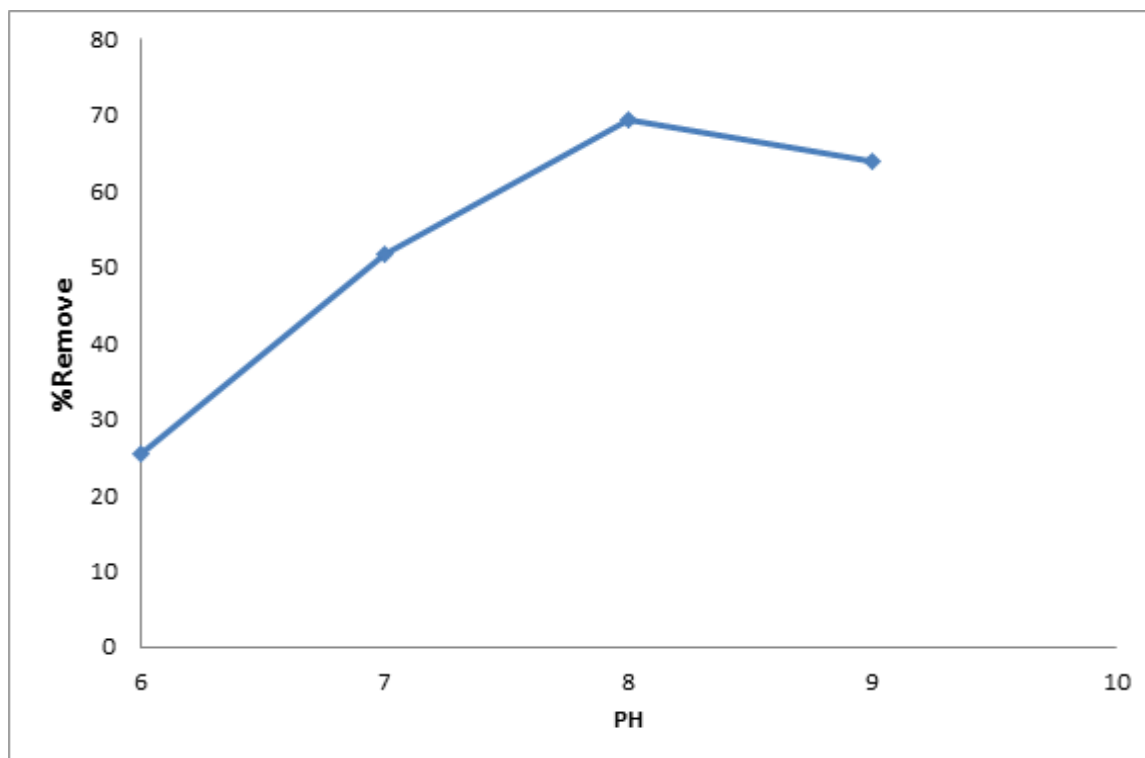


شکل ۶- نمودار تغییرات  $\Delta pH$  بر حسب  $pH_1$



concentration=10 ppm	Volume= 50	Time=30	Dosage=0.1
%Remove	A <sub>30</sub>	A <sub>0</sub>	PH
25.38	1.321	1.771	6
51.74	0.727	1.508	7
69.46	0.437	1.432	8
63.92	0.463	1.284	9

%Remov e	PH
25.38	6
51.74	7
69.46	8
63.92	9

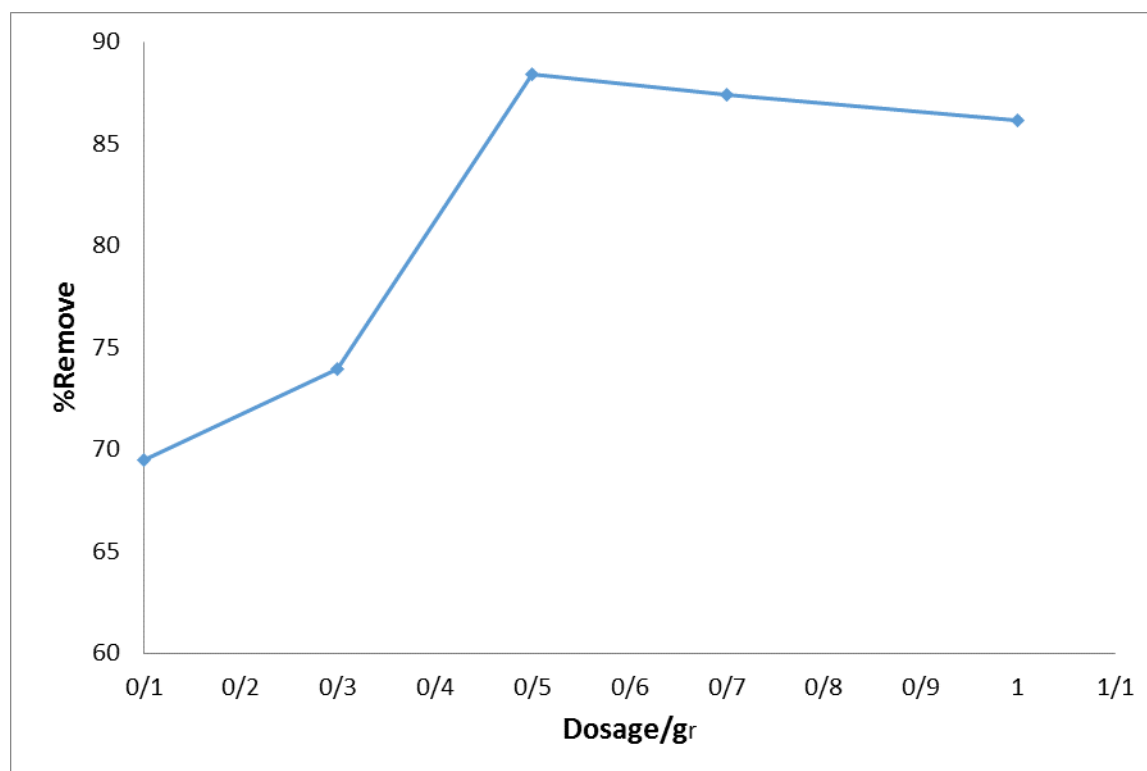


شکل ۷- نمودار درصد حذف نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید بر حسب pH



### ۳-۶- بررسی درصد حذف مالاشیت سبز براساس گرم های متفاوت جاذب نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید

به ۵۰ میلی لیتر محلول ۱۰ میلی گرم در لیتر مالاشیت سبز که pH آن در ۸ تنظیم شده است مقادیر متفاوت از نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید اضافه شده و مدت زمان ۳۰ دقیقه به آن فرصت داده می شود که توسط شیکر همزده شود سپس توسط سرنگ یکبار مصرف انسولین فیلتر شده و جذب محلول خوانده می شود و غلظت آن از روی معادله منحنی کالیبراسیون محاسبه می شود و سپس از فرمول (۱) درصد حذف محاسبه می شود. همانطور که شکل ۸ نشان می دهد درصد حذف با افزایش مقدار جاذب، افزایش می یابد. این بدان معنی است که با افزایش مقدار جاذب، در واقع میزان مکان های قابل دسترس برای جذب سطحی افزایش می یابد و در نتیجه میزان حذف رنگ توسط جاذب افزایش می یابد. اگر مقدار جاذب از مقدار بهینه بیشتر ریخته شود تراکم و یا همپوشانی سایت های مولکول های جاذب، باعث کاهش در میزان جذب می شود. با توجه به شکل مشاهده می شود که با افزایش دوز جاذب مقدار درصد حذف مالاشیت سبز بیشتر می شود تا اینکه در دوز ۰/۷ گرم به حداکثر خود می رسد و سپس ثابت می شود. بنابراین مقدار دوز نانو ذرات بر حسب گرم به عنوان بهینه در ۰/۷ گرم انتخاب می شود.

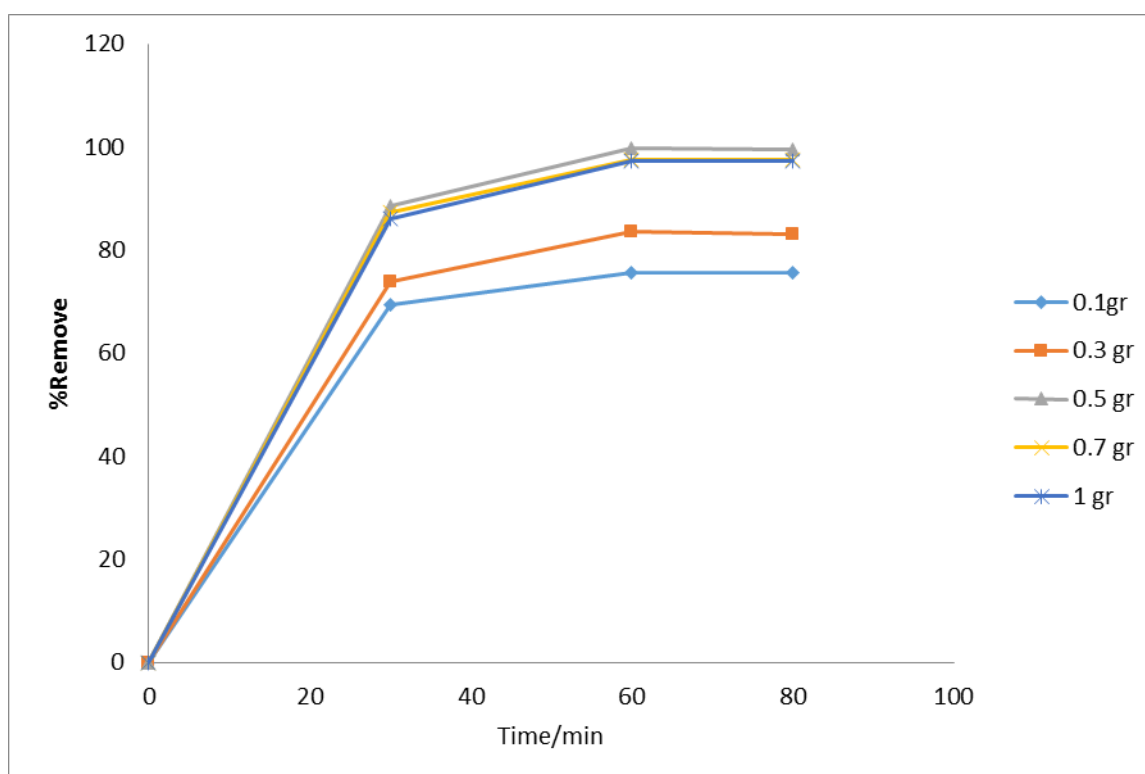




شکل ۸- نمودار درصد حذف مالاشیت سبز بر حسب مقدار جاذب نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید

### ۷-۳ بررسی درصد حذف مالاشیت سبز بر اساس زمان های متفاوت تماس

به ۵۰ میلی لیتر محلول ۱۰ میلی گرم بر لیتر مالاشیت سبز که pH آن در ۸ تنظیم شده است مقادیر ۰/۵ گرم از نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید اضافه شده و به آن فرصت داده می شود که توسط شیکر همزده شود بعد از زمان های بیست دقیقه ای، بعد از فیلتراسیون توسط سرنگ انسولین جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر دو پرتویی خوانده می شود و غلظت آن از روی معادله منحنی کالیبراسیون محاسبه می شود و سپس از فرمول درصد حذف محاسبه می شود. شکل ۹ نشان می دهد که بعد از زمان ۶۰ دقیقه درصد حذف ثابت می شود. لذا زمان تماس ۶۰ دقیقه بهترین زمان ممکن جهت حذف آلاینده رنگی مالاشیت سبز از محیط آبی در نظر گرفته شد.



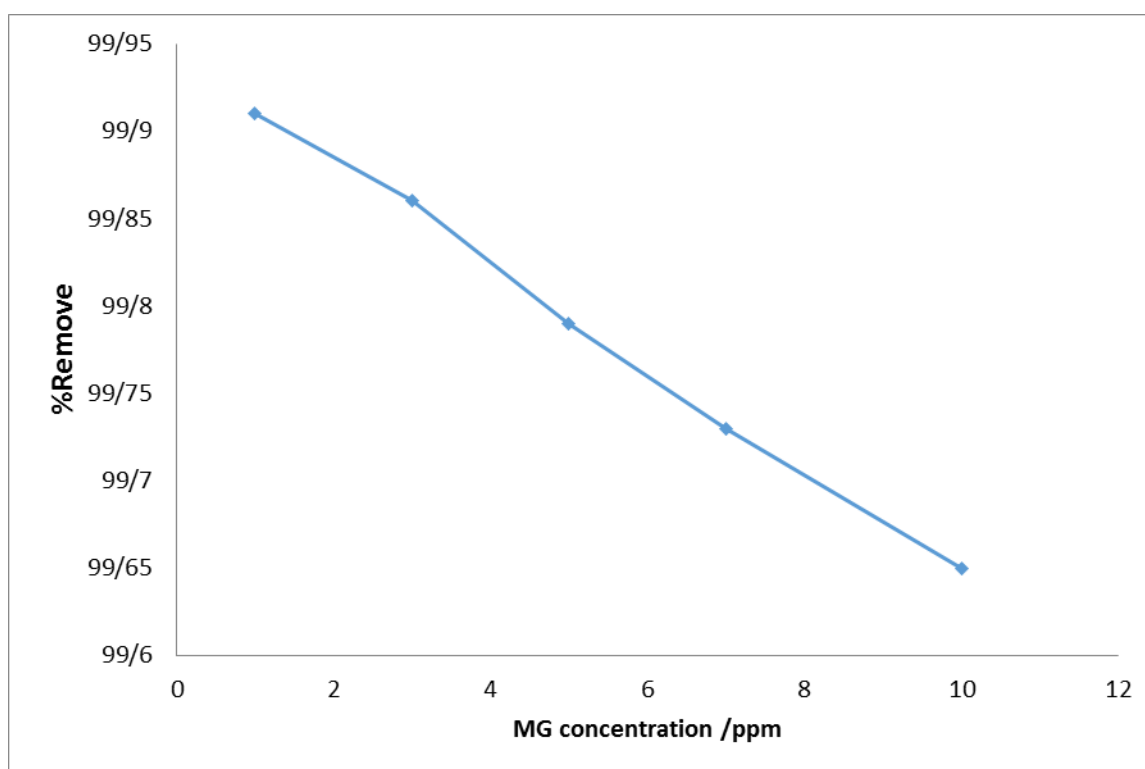




شکل ۹- نمودار تغییرات درصد حذف مالاشیت سبز برحسب زمان های متفاوت تماس با جاذب

### ۳-۸ - بررسی درصد حذف مالاشیت سبز با غلظت های متفاوت در شرایط بهینه

به ۵۰ میلی لیتر محلول مالاشیت سبز با غلظت های ۱ تا ۱۰ میلی گرم بر لیتر که pH آن در ۸ تنظیم شده است مقدار ۰/۵ گرم نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید اضافه می گردد و به مدت ۶۰ دقیقه به آن فرصت داده می شود که توسط شیکر همزده شود، سپس فیلتراسیون شده و جذب محلول توسط دستگاه اسپکتروفتومتر دو پرتویی خوانده می شود و غلظت آن از روی معادله منحنی کالیبراسیون محاسبه شده و با استفاده از فرمول ۱ درصد حذف محاسبه می شود. شکل ۱۰ نشان می دهد در شرایط بهینه درصد حذف محلول با غلظت کمتر بیشتر می باشد.



شکل ۱۰- نمودار تغییرات درصد حذف توسط نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید در محلول مالاشیت سبز در مقابل غلظت های متفاوت



#### ۴- نتیجه گیری

این تحقیق نشان داد که نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید با موفقیت به روش سل ژل سنتز شد. طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) به ترتیب برای شناسایی، تشخیص فازی و تعیین اندازه و مورفولوژی ذرات به کار گرفته شدند. طبق نتایج نشان داده شده، نانوذرات تشکیل شده از نوع مکعبی می باشد. که با ایکس آر دی سینگل کریستال کاملاً مطابقت دارد. اندازه نانوذرات زینک تیتانیوم اکسید سنتز شده در محدوده بین ۵۶-۳۷ نانومتر به دست آمد.

برای بررسی کارایی نانو ذرات سنتز شده در حذف آلاینده ها از مالاشیت سبز به عنوان یک آلاینده مدل استفاده شد. برای بدست آوردن شرایط بهینه اثر غلظت آلاینده، pH، زمان و مقدار جاذب  $ZnTiO_3$  مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ها نشان داد که نانو ذره  $ZnTiO_3$  در حذف مالاشیت سبز از کارایی بالایی برخوردار است.

بنابراین با توجه به این نتایج، نانو ذرات زینک تیتانیوم اکسید می تواند به عنوان یک جاذب با درصد حذف بالا و قابل دسترس استفاده شود.

#### منابع

1. Koseoglu.F.F.Yildiz.G.S.Alvarez.M.Toprak.M.Muhammed.B.Aktas,Phys,Status Solidi(b) 42 (2005) 1712.
2. Dalton Transactions Journal (vol 41,number 36,pages 11026-11031,2012)
3. A.Olmos,R.Redon,G.Galtorno,M.Zamora,F.Leal,A.Osorio,J.Colloid Sci.291(2005)175.
4. A.Armstrong,P.Bruse,Nature381(1996)499.
5. A.Moses Ezhil Raj,S.Grace Victoria,V.Bena Jothy,C.Ravidhas,J.Wollschlager,M.Suendorf, M.Neumann,M.Jayachandran,C.Sanjeeviraja,XRD and XPS characterization of mixed valence  $Mn_3O_4$  hausmannite thin films prepared by chemical spray pyrolysis technique.Appl,Surf.Sci,256(2010)2920-2926.



6. Y.Yamashita,K.Mukai,J.Yoshinobu,M.Lippmaa,T.Kinoshita,M.Kawasaki,Chemical nature of nanostructures,La<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>MnO<sub>3</sub> on SrTiO<sub>3</sub>(100).Surf. Sci.514(2002)54-59.
7. Ahmad,T.Ramanujachary,K.V,Lofland,S.E,Ganguli,A,K.Nanorods of manganese oxide nanoparticles(MnO,Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)J.Mater,Chem.2004,14,3406-3410.
8. Sun.X,Zhang ,Y.W,Si,R,Yan,C.H.Metal(Mn,Co,and Cu) oxide nanocrystals from simple formate precursors.Small 2005 ,I,1081-1086.
9. Jiao,F,Harrison,A,Hill,A.H.Bruce,P,G.Mesoporous Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> with crystalline walls.Adv,Mater,2007,19.4063-4066.
10. Lei,S.J,Tang.K,B.Fang,Z.Zheng,H.G.Ultrasonicassisted synthesis of colloidal Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles at normal temperature and pressure.Crystall.Growth Des .2006,6,1757-1760.
11. Pavia,D, and Lampman,G,andKriz,G ,Translated by Movassagh,B,Introduction to Spectroscopy,ElmivaFanni , Tehran,1987.
12. Rouessac,F,and A.Rouessac,chemical analysis modern instrumentation methods and techniques 2013.
13. Sriamernsak,P,Thirawong,N,"Use of back scattered electron imaging as a tool for examining matrix structure of calcium pectinate".International Journal of pharmaceutics,Vol 267,pp151-156.(2003).
14. Dr.A.K.Singh."Advanced Xray Techniques in Research and Inclustry"IOS Press (2005).
15. Guozhong Cao,Ying wang ."Nano Structures and Nanomaterials:Syntheses,Properties and Application ".Edition world Scientific Publishing Co ,Pte,Ltd(2011).
- 16.M.Baghery-Mohagheghghi,N.Shahtahmasebi,M.R.Alinejad,A.Youssefi,M.Shokooh-saremi,Solid State Sciences 11(2009)233-239.
17. Energy dispersive X-Ray spectrometry,EDS Instrumentation and signal detection,Alan Sandborg-EDX International , INC.
18. X-Ray Spectrometry in Electron Beam Instuments(D Williams,J.Goldstein and D.Newbury,eds) Plenum Press,New York(1995).

Surf and download all data from SID.ir: [www.SID.ir](http://www.SID.ir)

Translate via STRS.ir: [www.STRS.ir](http://www.STRS.ir)

Follow our scientific posts via our Blog: [www.sid.ir/blog](http://www.sid.ir/blog)

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: [www.sid.ir/workshop](http://www.sid.ir/workshop)