





بررسی کارایی فوتوکاتالیستی نانوکامپوزیت  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  فعال شده در نور مرئی و فرابنفش در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید از محیط آبی

Investigation of photocatalytic efficiency of  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  composite activated in UV and visible light for removal of antibiotic Sulfacetamide from aqueous

استاد راهنما: جناب آقای دکتر علی اسرافیلی

اساتید مشاور: سرکار خانم دکتر روشنگ رضایی، جناب آقای دکتر مهدی فرزاد کیا

ارائه دهنده: سمیه سلیم زاده

منابع

نتیجه  
گیری

بحث

نتایج

روش کار

اهداف و  
فرضیات

مقدمه

امروزه استفاده بی رویه از آنتی بیوتیک ها و متعاقب آن ورود این ترکیبات به محیط، باعث افزایش نگرانی هایی در سطح جهانی شده است. آنتی بیوتیک ها به عنوان زیرگروهی از آلاینده های نو ظهور از طریق منابع مختلف مانند:

I. صنایع داروسازی (صنعت)

II. پساب بیمارستان ها

III. دفع مستقیم از طریق مصرف انسان و دام (فاضلاب خانگی و دامپزشکی)

IV. داروهای مازاد و تاریخ گذشته

وارد محیط زیست می شوند.

در حقیقت اولین مورد گزارش شده درباره آلودگی آب ها (آب های سطحی) به وسیله ی آنتی بیوتیک ها در کشور انگلستان و در سال ۱۹۸۳ بود وقتی که watts و همکاران در رودخانه ماکرولیدز، تتراسایکلین و سولفونامید به غلظت ۱ میلی گرم در لیتر را شناسایی کردند.

تاکنون محدودیت های قانونی برای آنتی بیوتیک ها در غذا ایجاد شده است، (۱۵۰۰-۴ میکروگرم در کیلوگرم برای شیر و ۶۰۰۰-۲۵ میکروگرم در کیلوگرم برای دیگر مواد غذایی از منشا حیوانی) اما قانونی مصوب و قابل اجرا برای محیط های آبی وجود ندارد.

معمولا آنتی بیوتیک ها در بالاترین حد نانوگرم در لیتر در پساب بیمارستانی، درجه مقدار پایین تر در فاضلاب شهری و در آب های سطحی، آب دریا و آب های زیر زمینی یافت می شوند.

منابع

نتیجه گیری

بحث

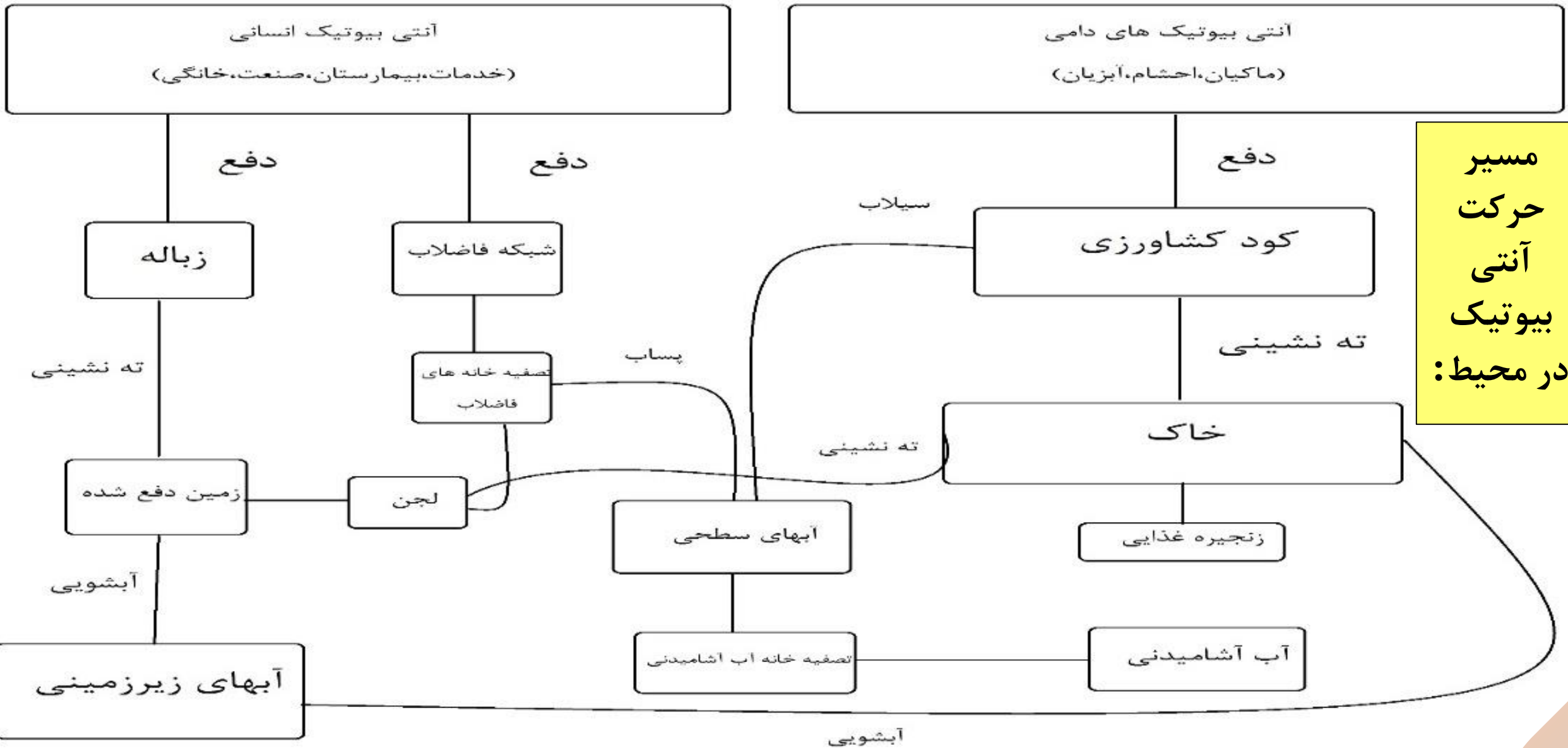
نتایج

روش کار

اهداف و فرضیات

مقدمه

مسیر حرکت آنتی بیوتیک در محیط:



منابع

نتیجه  
گیری

بحث

نتایج

روش کار

اهداف و  
فرضیات

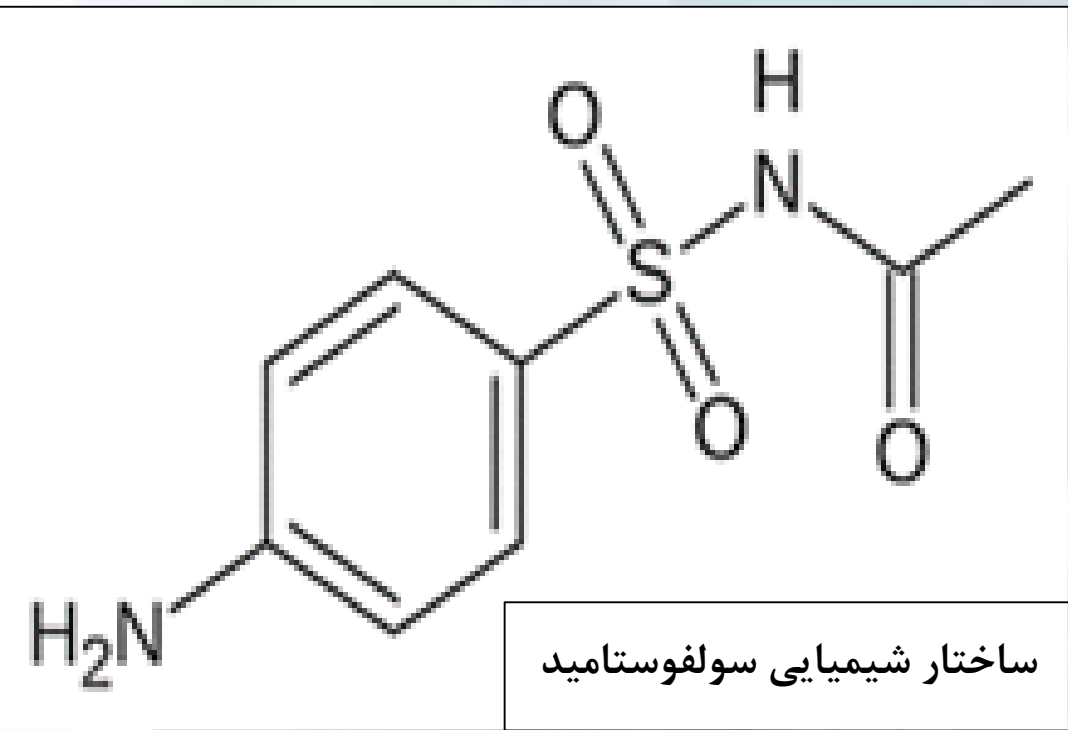
مقدمه

مصرف بیش از حد این ترکیبات باعث:

- ❖ اثرات شدید بالقوه و بالفعل از جمله سمیت حاد و مزمن
- ❖ تاثیر بر فتوسنتز آبی موجودات زنده،
- ❖ اختلال در جمعیت میکروبی و مقاومت میکروبی (در میان میکروارگانیسم های مختلف که پاتوژن انسانی)

بنابراین محققان در تلاش در راستای استفاده از فرآیندهای مختلف برای تصفیه آنتی بیوتیک ها از محیط زیست بویژه محیط های آبی هستند.

غلظت آنتی بیوتیک ها در محیط های آبی (آب های سطحی و زیرزمینی)  $100-10$  میکروگرم بر لیتر است از طرف دیگر صنایع دارویی بویژه صنایع تولید آنتی بیوتیک دارای پساب با غلظت  $100-1$  میلی گرم بر لیتر می باشد.



**سولفوستامید**، یک آنتی بیوتیکی از خانواده سولفانامید است و این خانواده یکی از

پرمصرف ترین داروهای ضد باکتریایی بویژه در بخش دامپزشکی محسوب می شوند.

این خانواده در برگیرنده ترکیباتی چون:

سولفاکلوپرازین، سولفاد متوکسین، سولفا متوکسی پیریدازین، سولمتازین، سولفاتiazول

و سولفاکینوکسالین می باشند.

**غلظت این آنتی بیوتیک در برخی منابع آبی تا ۰.۵ میلی گرم در لیتر نیز گزارش**

**شده است . این آنتی بیوتیک در کنار آنتی بیوتیک دیگر بنام تری متوپرین در**

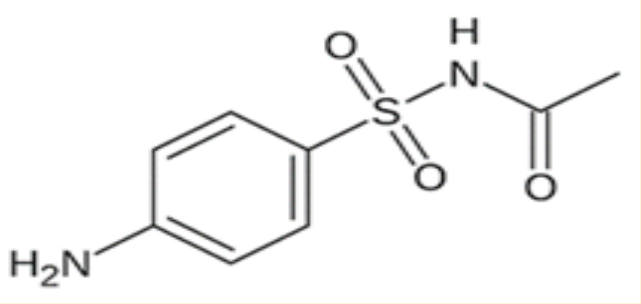
**منابع آبی حضور دارد.**

مهمترین دلیل بررسی و پایش و در ادامه ارایه راهکارهای کنترلی آلودگی های دارویی

در محیط زیست، ورود این آلاینده ها به چرخه غذایی و ایجاد مقاومت دارویی در سایر

موجودات زنده حتی انسان است که باعث به مخاطره انداختن محیط زیست و سلامتی

انسان می شود.

سولفاستامید (SCT)	مشخصات فیزیکوشیمیایی
	ساختار شیمیایی
$C_8H_{10}N_2O_3S$	فرمول شیمیایی
214.2	وزن مولی g/mol
12500	حلالیت در آب mg/L
2.5	$PK_{a1}$
5.27	$PK_{a2}$

ساختار شیمیایی و  
مشخصات آنتی بیوتیک  
سولفوستامید در جدول  
زیر ارائه شده است:

## روشهای حذف آنتی بیوتیک ها:

**فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی** در راستای کنترل و حذف این آلاینده از محیط های آبی شامل:

فرایندهای اکسیداسیون شیمیایی، جذب سطحی، تبادل یون، اسمز معکوس، روش بیولوژیکی، نانو فیلتراسیون، فرایند، میکروفیلتراسیون - اسمز معکوس، فرایند ترکیبی نانوفیلتراسیون - اسمز معکوس همراه با راکتور غشایی از ناسیون، فیلتراسیون غشایی، تخریب فتوکاتالیستی، فرایندهای الکتروشیمیایی و فرایندهای اکسیداسیون.

## مزایا و معایب فرایندهای فوق :

فرایند **جذب سطحی** عدم تخریب آلاینده ها و انجام تغییر فاز، اشباع شدن جاذب های مورد استفاده و همچنین عدم بازیابی جاذب ها و هزینه بالای آن در کنار کارایی پایین بعنوان مشکل اصلی فرایند جذب در نظر گرفته می شود.

- برخی فرایندها مانند **اکسیداسیون با مواد شیمیایی**، استفاده از مواد شیمیایی خطرناک مانند اکسید کننده ها و منعقد کننده ها باعث تحمیل نمودن هزینه راهبری و ایجاد لجن مازاد می گردد.

- برخی از فرایندها نیز مانند فرایندهای **اسمز معکوس و فیلتراسیون** نیز دارای هزینه راهبری و نگهداری بسیار بالایی هستند که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشند.



## فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته

## فرآیندهای همگن

## فرآیندهای ناهمگن

## مصرف کننده انرژی

## بدون مصرف انرژی

## تابش فرابنفش

## انرژی فراصوت

## انرژی الکتریکی

## ازن زنی کاتالیستی

ازن زنی  
فوتوکاتالیستی

## فوتوکاتالیز ناهمگن

## ازن در بستر قلیایی

 $O_3/H_2O_2$  $H_2O_2/Catalyst$  $O_3/UV$  $H_2O_2/UV$  $O_3/H_2O_2/UV$ فوتوفنتون  
 $Fe^{2+}/H_2O_2/UV$  $O_3/US$  $H_2O_2/UV$ اکسیداسیون  
الکتروشیمیاییاکسیداسیون  
آندی

الکتروفنتون

## فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs):

فرایندهایی هستند که بر پایه تولید رادیکال های اکسید کننده مانند رادیکال هیدروکسیل ( $\text{OH}\bullet$ ) هستند. این رادیکال ها با خصوصیتی که دارند باعث اکسید شدن آلاینده های آلی و غیر آلی می شوند. خاصیت غیر انتخابی و دارا بودن عدد اکسیداسیون و احیای بالای این رادیکال ها از ویژگی های بارز آن ها است.

فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته به چند زیر مجموعه مانند فرایندهای سونوشیمیایی، فوتوشیمیایی، فوتوکاتالیستی، الکتروشیمیایی، ازوناسیون، ماکروویو و غیره تقسیم بندی می شوند. یکی از زیر مجموعه های اشاره شده، فرایندهای "فوتوکاتالیستی" است، در این فرایندها از نیمه هادی های فعال، در حضور نور ماورابنفش یا مرئی استفاده می شود. در این حالت با فعل و انفعالات صورت گرفته در سطح این نیمه هادی ها، انتقال الکترون رخ داده و در نتیجه باعث آزاد سازی انرژی شده که در نهایت منجر به تولید رادیکال هیدروکسیل می گردد.

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

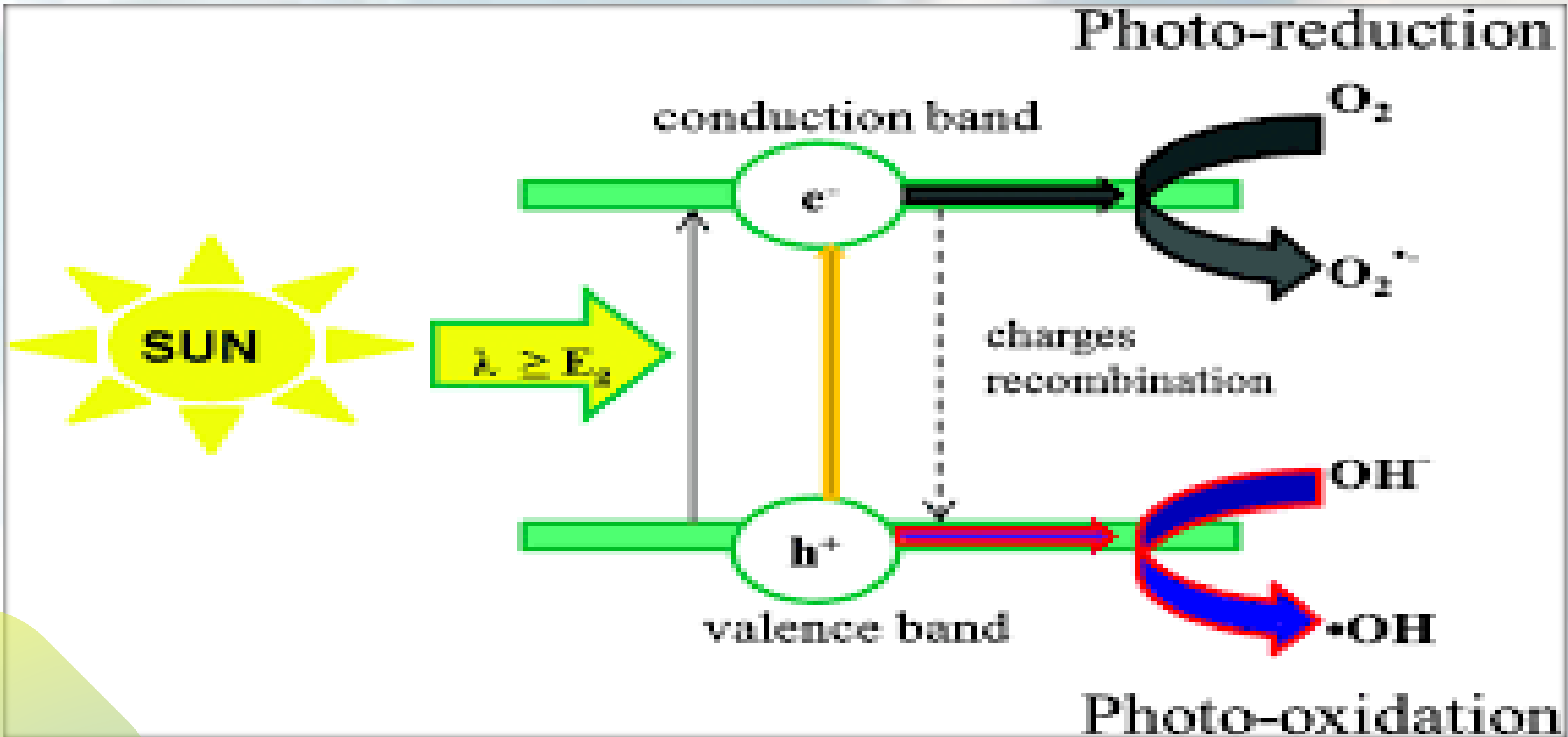
روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع



## فوتوکاتالیست:

فرایند **فوتوکاتالیست ناهمگن** به عنوان یک روش موفق برای تجزیه آلاینده های مختلف بکار برده شده است. فوتوکاتالیست های نیمه هادی یک **تکنولوژی سبز** می باشد، بنابراین، محققین بر روی فوتوکاتالیست نیمه هادی تمرکز کرده اند.

تعداد زیادی از فوتوکاتالیست های نیمه هادی اکسیدی به طور گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته اند که می توان به  $\text{ZnO}$ ،  $\text{SnO}_2$ ،  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{BiVO}_4$ ،  $\text{Bi}_2\text{WO}_6$  اشاره نمود. همانگونه که مشخص است، استفاده از نیمه هادی های جدید و کامپوزیتی روز به روز در حال افزایش است. یکی از نیمه هادی های مورد استفاده ترکیبات گرافن نشانده شده بر روی اکسیدهای آهن می باشد. از این ترکیبات می توان به ساختارهای  $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{BiOI}$ ،  $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{MnWO}_4$ ،  $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Ag}_2\text{WO}_4/\text{AgBr}$  و غیره اشاره نمود.

## ترکیب نیتريد کربن گرافیت (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>):

❖ یک ماده نیمه رسانای پلیمری معمولی بدون فلز است که دارای شکاف باند برای جذب تابش نور قابل مشاهده (مريی) و

خواص منحصر به فرد

❖ به عنوان یک جایگزین برای جذب و تبدیل انرژی خورشید. نسبتا آسان است.

❖ دارای پایداری حرارتی و شیمیایی بالا در برابر واکنش های اکسیداسیون است و تا ۵۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد پایدار است.

❖ همچنین فعالیت شیمیایی با داپ کردن این ترکیب به دلیل خصوصیات ذاتی آن

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

## داپینگ فلزات:

در بین فلزات با خاصیت انتقالی، اکسیدهای کبالت مانند  $\text{CoO}$ ،  $\text{Co}_3\text{O}_4$  نیمه هادی های نوع **P** هستند که دارای پیکربندی الکترونی منحصر بفرد و خاصیت مغناطیسی هستند. این ترکیبات، ترکیبات مناسبی برای تشکیل کاتالیزورهای هتروژن هستند. هنگامی که کبالت با نیمه هادی نوع **n** ترکیب می شود پیوند **n-p** تشکیل شده که **باعث کاهش سرعت مجدد سازی (Recombination) الکترون /حفره ها** می گردد.

در مقایسه با ترکیبات دیگر، کاتالیست ها بر پایه کبالت، کارایی بالاتری در زمینه فوتوکاتالیستی دارند به همین دلیل مطالعات زیادی بر روی بهبود فعالیت کاتالیزوری و کشف مکانیزیم واکنش در این ترکیبات شکل گرفته است.

## هدف از این مطالعه:

سنتز نانوکامپوزیت  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  و ساخت یک نیمه هادی مناسب جهت استفاده در فرایند فوتوکاتالیستی نور مرئی و فرابنفش می باشد و در ادامه کارایی این فرایند در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید از محیط های آبی می باشد.

## مزایای و معایب نانو کامپوزیتسنتز شده:

- فعالیت در محدوده نور مرئی
- ترکیبات پایدار، دارای سنتز آسان، قابل بازیافت و دارای هزینه سنتز پایینی هستند (جایگزین ترکیبات نیمه هادی کلاسیک مانند  $\text{TiO}_2$ ،  $\text{ZnO}$ )
- ترکیب نیتريد کربن گرافیت ( $\text{g-C}_3\text{N}_4$ )، یک ماده نیمه رسانای پلیمری معمولی بدون فلز است که دارای شکاف باند برای جذب تابش نور قابل مشاهده (مرئی) و خواص منحصر به فرد می باشد.
- فعالیت شیمیایی یا داپ کردن نیتريد کربن گرافیت ( $\text{g-C}_3\text{N}_4$ ) به دلیل خصوصیات ذاتی آن نسبتاً آسان است، به همین دلیل می توان ساختار گپی الکتریکی آن را تنظیم کرد
- پایداری حرارتی و شیمیایی بالای نیتريد کربن گرافیت در برابر واکنش های اکسیداسیون ( تا  $500^\circ\text{C}$  درجه سانتیگراد )
- **عدم کارایی در مقیاس واقعی در تصفیه خانه آب و فاضلاب (جمع آوری این ذرات بسیار دشوار است)، برای حل این معضل نانو ذرات  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  به علت خواص مغناطیسی، استفاده می شود.**

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

اهداف و فرضیات (OBJECTIVES & HYPOTHESES):

الف) اهداف کلی طرح (GENERAL OBJECTIVES):

"بررسی کارایی فوتوکاتالیستی کامپوزیت فعال شده در نور مرئی و فرابنفش در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید از محیط های آبی"

ب) اهداف ویژه (SPECIFIC OBJECTIVES):

- تعیین میزان تغییرات pH اولیه محلول بر کارایی فرایند فوتوکاتالیستی در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید در نور فرابنفش
- تعیین میزان تغییرات دوز فوتوکاتالیست  $Co/g-C_3N_4 / Fe_3O_4$  در فرایند فوتوکاتالیستی در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید در نور مرئی و فرابنفش
- تعیین میزان تغییرات زمان واکنش بر کارایی فوتوکاتالیستی در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید در نور مرئی و فرابنفش
- تعیین میزان تغییرات غلظت اولیه آنتی بیوتیک های سولفوستامید بر کارایی فوتوکاتالیستی در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید در نور مرئی و فرابنفش
- تعیین خصوصیات فیزیکی شیمیایی فوتوکاتالیست مورد استفاده از قبیل VSM, BET, XRD, FT-IR, FESEM
- تعیین تاثیر رباينده های رادیکال بر کارایی فوتوکاتالیستی در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید
- تعیین سینتیک واکنش فرآیند فوتوکاتالیستی در شرایط بهینه



## ج) فرضیات یا سئوالات پژوهش: (HYPOTHESES/RESEARCH QUESTIONS)

- آیا pH اولیه محلول بر کارایی فرایند فوتوکاتالیستی در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید موثر است؟
- آیا میزان دوز فوتوکاتالیست  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4 / \text{Fe}_3\text{O}_4$  در فرایند فوتوکاتالیستی در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید موثر است؟
- آیا زمان واکنش بر کارایی فوتوکاتالیستی در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید موثر است؟
- آیا غلظت اولیه آنتی بیوتیک های سولفوستامید بر کارایی فوتوکاتالیستی در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید موثر است؟
- آیا حضور رباينده های رادیکال بر کارایی فوتوکاتالیستی در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید موثر است؟
- سینتیک واکنش فرایند فوتوکاتالیستی در شرایط بهینه، از چه سینتیکی تبعیت می کند؟

در این مطالعه نمونه های مورد بررسی، نمونه های سنتتیک ساخته شده در محیط آزمایشگاهی است.

تعیین حجم نمونه به وسیله روش "One factor at the time" مطابق این روش با در نظر گرفتن سه مرتبه تکرار هر مرحله از آزمایش؛ مجموعاً

۱۱۷ مرحله آزمایش انجام خواهد شد.

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

## جدول تعیین حجم نمونه

ردیف	عنوان	pH	غلظت آلاینده میلی گرم بر لیتر	دوز کاتالیست mg/L	زمان min	تعداد آزمایش
۱	تعیین pH بهینه	۳،۵،۷،۹،۱۱	ثابت در مقدار مشخص	ثابت در مقدار مشخص	۰،۱۰،۳۰،۵۰،۷۰،۹۰،۱۲۰، ۱۵۰،۱۸۰	۵
۲	تعیین غلظت بهینه کاتالیست	pH بهینه تعیین شده در مرحله اول	۰،۵۰،۲۵۰،۷۵،۱	ثابت در مقدار مشخص	۰،۱۰،۳۰،۵۰،۷۰،۹۰،۱۲۰، ۱۵۰،۱۸۰	۴×۲
۳	تعیین دوز بهینه آلاینده	pH بهینه تعیین شده در مرحله اول	غلظت بهینه مشخص شده در مرحله دوم	۱۰،۲۵،۵۰،۱۰۰	۰،۱۰،۳۰،۵۰،۷۰،۹۰،۱۲۰، ۱۵۰،۱۸۰	۴×۲
۴	تعیین زمان بهینه واکنش	pH بهینه تعیین شده در مرحله اول	غلظت بهینه مشخص شده در مرحله دوم	دوز بهینه مشخص شده در مرحله سوم	۰،۱۰،۳۰،۵۰،۷۰،۹۰،۱۲۰، ۱۵۰،۱۸۰	۹×۲
۳۹×۱۱ ۳=۷	مجموع آزمایشات					

منابع

نتیجه  
گیری

بحث

نتایج

روش کار

اهداف و  
فرضیات

مقدمه

## نحوه انجام کار:

این مطالعه تجربی در دو بخش مجزا و با استفاده از تجهیزات موجود در آزمایشگاه های شیمی و میکروبیولوژی و تحصیلات تکمیلی انجام خواهد پذیرفت.

**در مرحله نخست** نانوکامپوزیت مورد نظر سنتز شده و مورد آنالیزهای اشاره شده قرار خواهد گرفت. در ادامه و **در مرحله دوم** از این نانوکامپوزیت ها در فرایند فوتوکاتالیستی در راستای حذف و تجزیه آنتی بیوتیک مورد نظر بهره برده خواهد شد.

## فاز اول - ساخت و بررسی ساختار فتوکاتالیست

سنتز نانوکامپوزیت:

۱- سنتز **g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>**: با استفاده از مواد شیمیایی ملامین، با درجه خلوص ۹۹ درصد (ساخت شرکت آلدریچ)، کلرید فریک با درجه خلوص ۹/۹۹ درصد (ساخت شرکت آلدریچ)، کلرید فروس با درجه خلوص ۹۹ درصد (ساخت شرکت آلدریچ)، محلول آمونیاک ۲۵ درصد (ساخت شرکت مرک) استفاده خواهند شد. نانوذرات **g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>** توسط روش حرارت مستقیم ملامین در ۵۵۰ درجه سانتی گراد بمدت ۲ ساعت در حضور گاز نیتروژن ساخته خواهد شد.

## ۲- سنتز نانو ذره $\text{CO/g-C}_3\text{N}_4 / \text{Fe}_3\text{O}_4$ :

۱۲۵ میلی گرم در لیتر از نانوذرات  $\text{g-C}_3\text{N}_4$  را در ۵۰۰ میلی لیتر محلول مخلوط اتانول / آب به نسبت ۱ به ۲ ریخته و بمدت ۵ ساعت سونولیز در دمای محیط انجام خواهد گرفت.

۱/۸۳۸ گرم از ترکیب  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  و ۰/۷۰۳ گرم  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  بصورت جداگانه در ۲۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر شده حل نموده و داخل محلول  $\text{g-C}_3\text{N}_4$  اضافه می شود. محلول بدست آمده بمدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه و در حضور گاز نیتروژن، مخلوط شده و سپس ۱۰ میلی لیتر آمونیاک ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) به آرامی به محلول اضافه خواهد شد. محلول بدست آمده بمدت ۳۰ دقیقه دیگر به شدت مخلوط شده و در ادامه فرایند خنک سازی صورت می گیرد. چندین بار با آب مقطر دوبار تقطیر شده و با الکل خالص شست و شو داده و سرانجام در دمای ۸۰ درجه سانتی-گراد خشک خواهد شد.

در خاتمه محلول کبالت فسفات با درصد وزنی ۱۰ درصد را به داخل نانومحلولی که نانوکامپوزیت  $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  قرار دارد ریخته و به آرامی اضافه خواهد شد. مخلوط بدست آمده بمدت ۲۴ ساعت شیک خواهد شد و سپس در دمای ۱۵۰ درجه خشک شده و سه بار توسط آب مقطر و الکل شست و شو داده می شود.

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

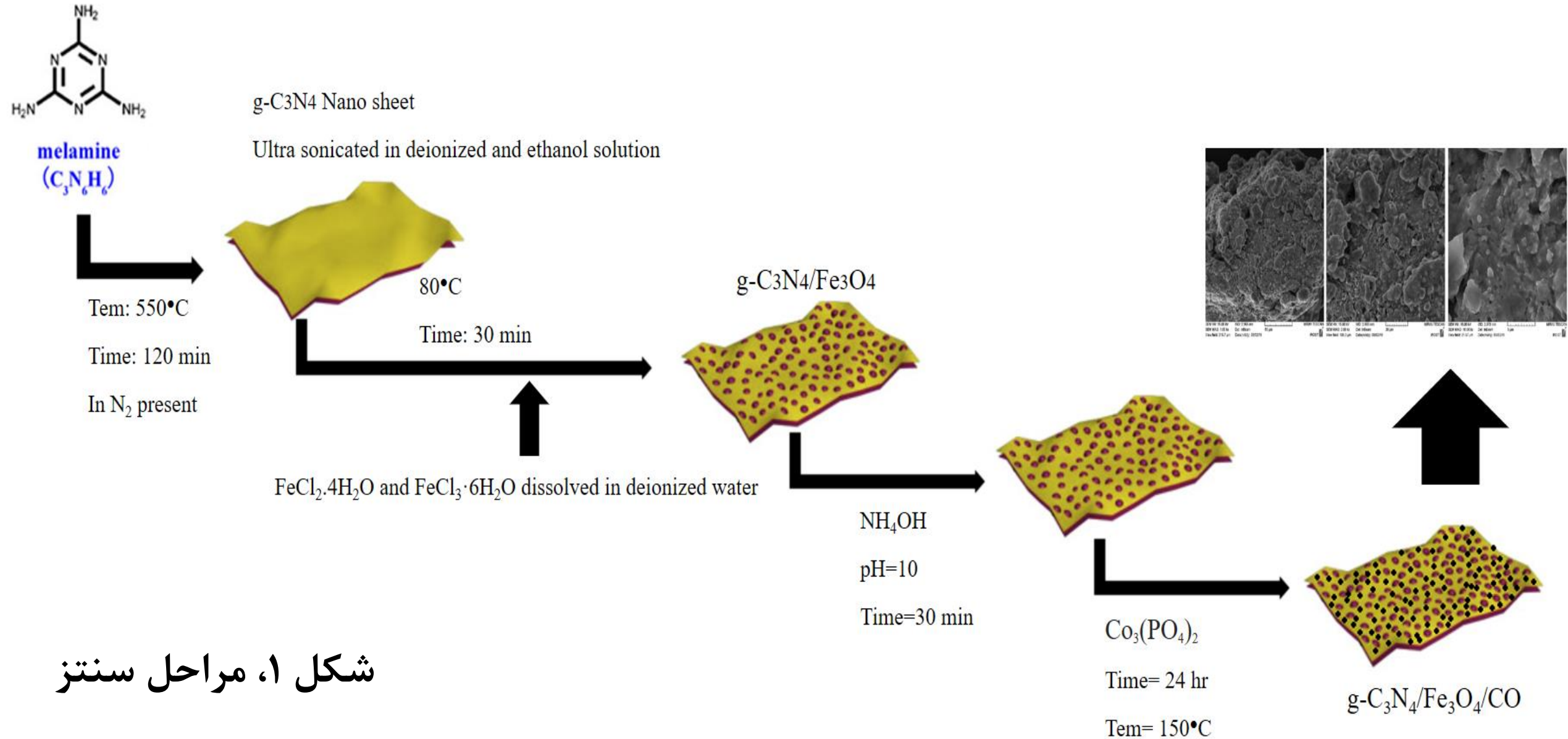
روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع



شکل ۱، مراحل سنتز

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

تعیین کیفیت سنتز انجام شده نانوکامپوزیت های تولیدی :

آنالیزهای XRD، طیف سنجی FT-IR در طول موج ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ عکس سانتی متر، FESEM، BET و VSM استفاده شد.

ساختار فاز و اندازه کریستال با پراش اشعه ایکس (XRD)، اطلاعات ساختار پیوند نمونه ها توسط طیف سنج FT-IR،

مورفولوژی و میکروساختار توسط (FESEM)، سطح مخصوص و ساختارهای متخلخل مربوط به فتوکاتالیست ها با آنالیز BET

و تعیین میزان خاصیت مغناطیسی نانوکامپوزیت با VSM تعیین شد.

منابع

نتیجه  
گیری

بحث

نتایج

روش کار

اهداف و  
فرضیات

مقدمه

فاز دوم: آزمایشات فوتوکاتالیست:

بهینه سازی شرایط حذف فرآیند آلاینده (بهینه سازی دوز نانوذره، غلظت آلاینده، زمان واکنش، بهینه سازی PH)

بررسی تاثیر رباینده رادیکال

بررسی سینتیک واکنش فرایند فوتوکاتالیستی

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

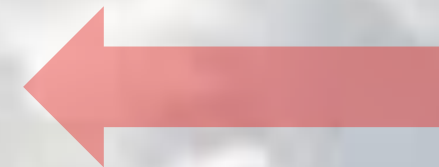
نتایج

بحث

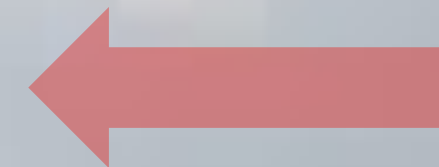
نتیجه  
گیری

منابع

۱- بررسی مشخصات نانوکامپوزیت



۲- بررسی پارامترهای موثر بر حذف سولفوستامید





مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

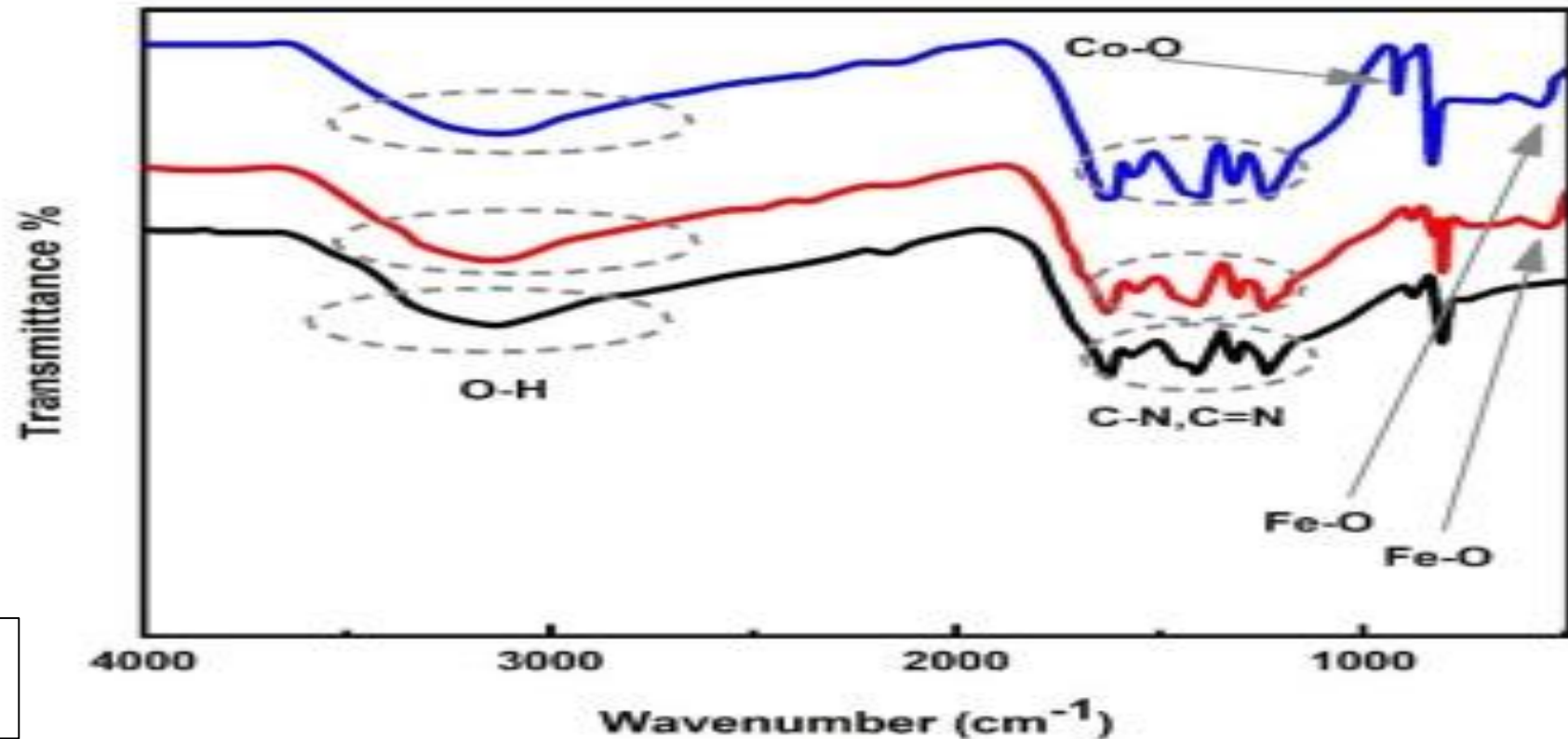
نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

## بررسی مشخصات نانو کامپوزیت:

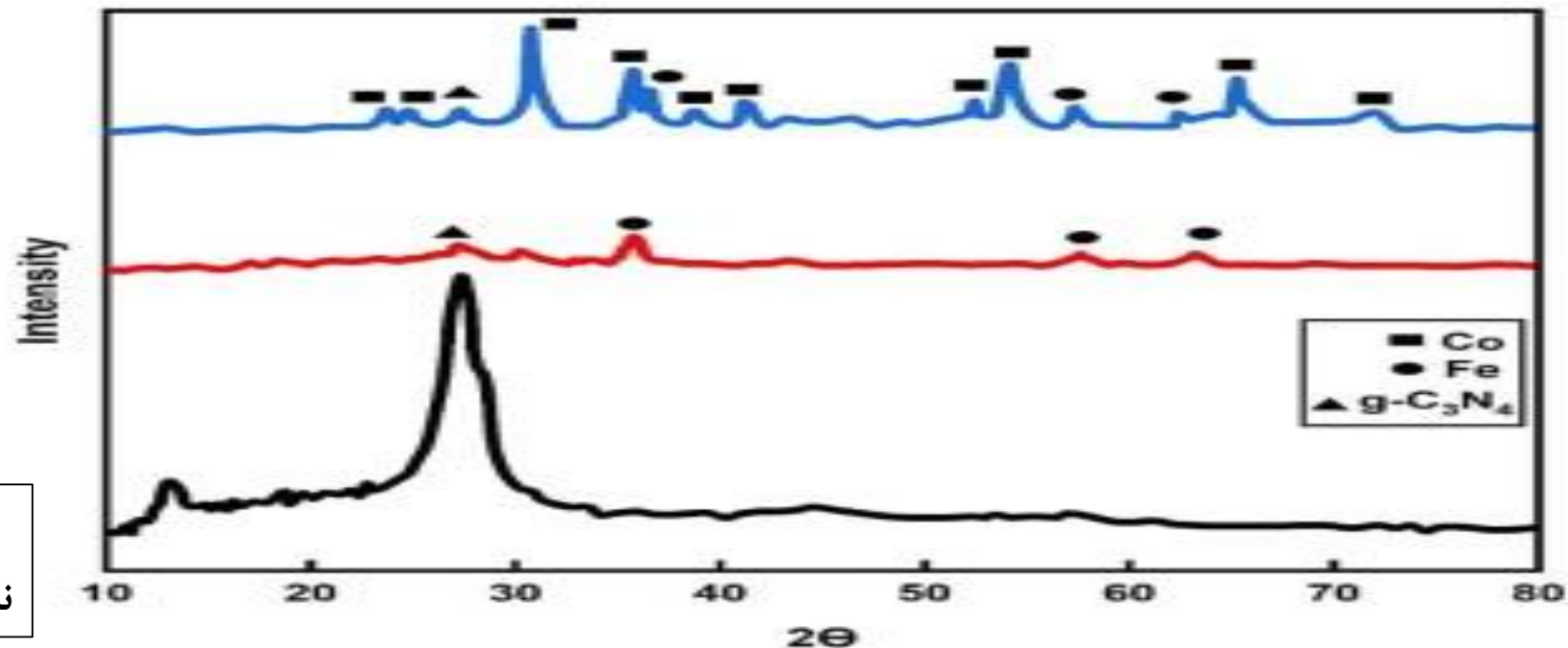


تصویر FT-IR از نانوکاتالیست  
 $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$

آلکیل آلدهیدها (در طول موج ۵۸۶ عکس سانتی متر)، آلکیل آلدهیدها، آلکن ها با ساختار R-Cl (در طول موج ۸۲۵ عکس سانتی متر)، آلکان ها و N-O nitro compounds (در طول موج ۱۳۸۲ عکس سانتی متر)، آمیدها با ساختار R-CO-NH<sub>2</sub> (در طول موج ۱۶۳۱ عکس سانتی متر) و کربوکسیلیک اسید با ساختار RCO-OH (در طول موج ۳۲۰۳ عکس سانتی متر) دارد.

## بررسی مشخصات نانوکامپوزیت:

تصویر طیف (الگوی) XRD از  
نانوکاتالیست  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$



آنالیز XRD برای تشخیص ساختار کریستالی به کار می‌رود. پیک‌های (پراش) مشاهده شده برای نانوکاتالیست  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  در زوایای ۲ تا  $(2\theta)$  برابر با  $۲۹/۹۷$ ،  $۳۴/۲۷$ ،  $۴۳/۰۷$ ،  $۵۷/۵۲$  و  $۶۲/۵۲$  به ترتیب با شدت‌های  $۳۳۹$ ،  $۳۷۵$ ،  $۵۶۰$ ،  $۴۲۹$  و  $۷۳۰$  مربوط به پلان  $(۱۰۱)$ ،  $(۱۰۳)$ ،  $(۰۰۴)$ ،  $(۱۱۲)$  و  $(۰۰۲)$  می‌باشد. در زوایای اشاره شده نشان دهنده نوع آناتاز  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  و در زوایای  $۲۷$ ،  $۳۷$ ،  $۴۲$  و  $۶۲$  نشان دهنده نوع روتایل  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  می‌باشد.

میانگین سایز کریستالی برای نانوکاتالیست  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  برابر با  $۳۶$  نانومتر تعیین گردید.

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

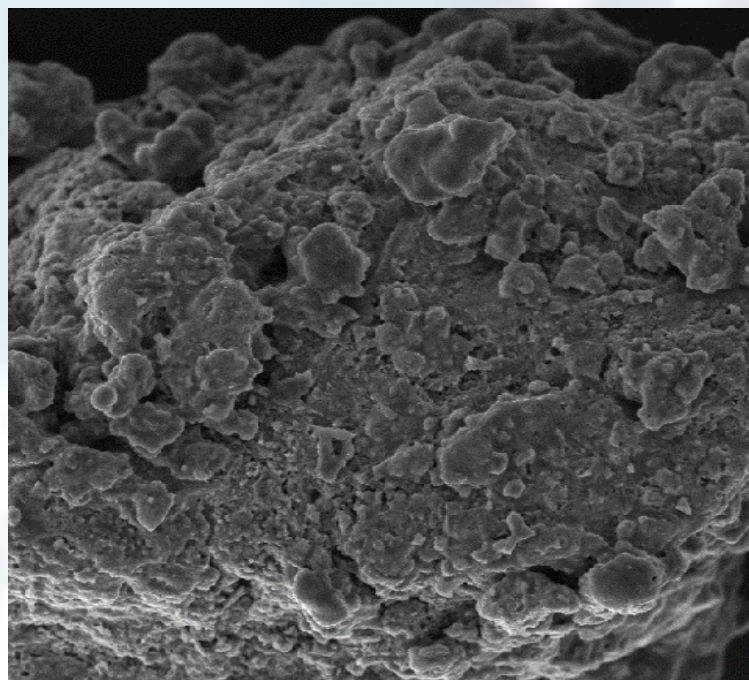
نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

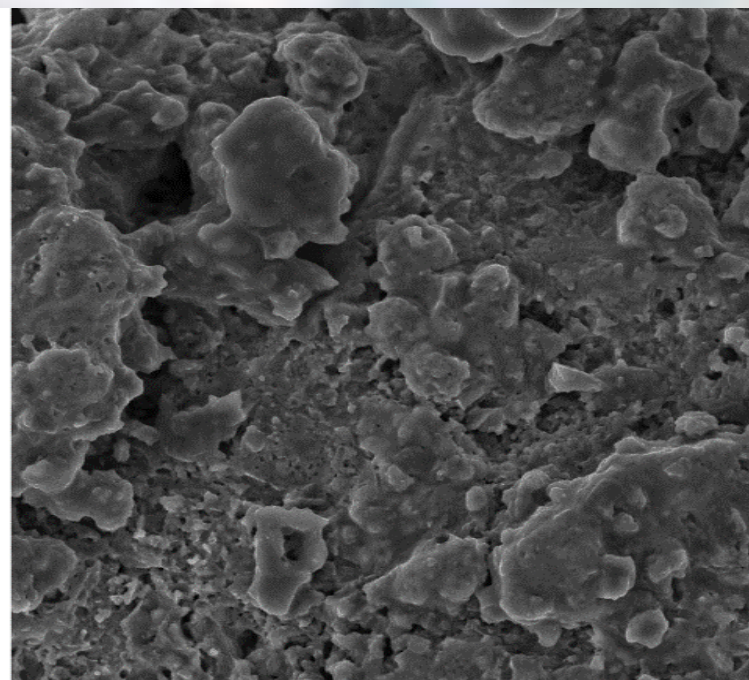
منابع

## بررسی مشخصات نانو کامپوزیت:



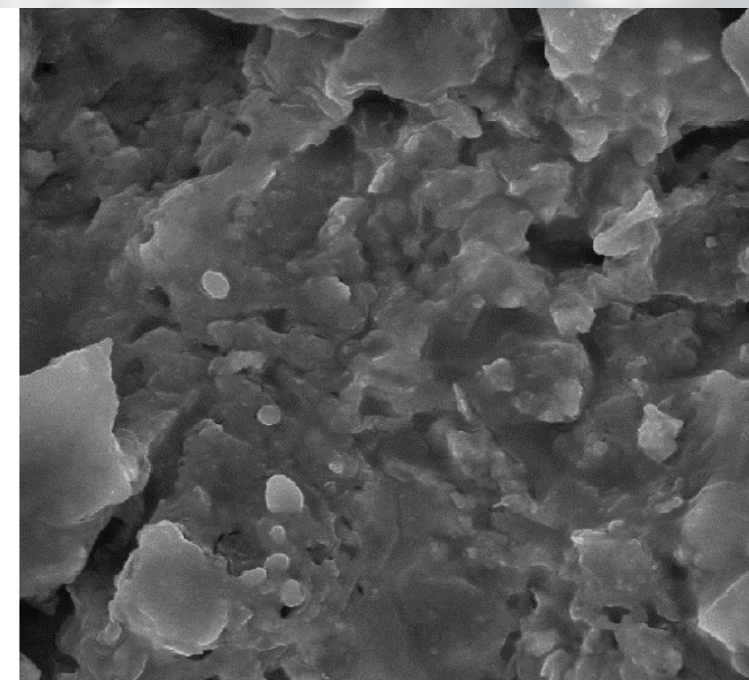
SEM HV: 15.00 kV  
SEM MAG: 1.00 kx  
View field: 216.7  $\mu$ m  
WD: 2.965 mm  
Det: InBeam  
Date(m/d/y): 09/02/19

MIRAX TESCAN  
IROST



SEM HV: 15.00 kV  
SEM MAG: 2.00 kx  
View field: 108.3  $\mu$ m  
WD: 2.965 mm  
Det: InBeam  
Date(m/d/y): 09/02/19

MIRAX TESCAN  
IROST



SEM HV: 15.00 kV  
SEM MAG: 10.00 kx  
View field: 21.67  $\mu$ m  
WD: 2.970 mm  
Det: InBeam  
Date(m/d/y): 09/02/19

MIRAX TESCAN  
IROST

تصویر SEM از نانو کاتالیست

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

## بررسی مشخصات نانوکامپوزیت:



نتایج آنالیز EDAX برای مشخص نمودن ترکیب عناصر موجود در ساختار نانوکاتالیست  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  انجام شد. بر اساس نتایج این مطالعه مشخص شده است که سنتز نانوکاتالیست به خوبی صورت گرفته است و عناصر کربن، اکسیژن، آهن و کبالت با درصدهای وزنی ۱۱/۶، ۶۱/۶، ۱۴/۹۵ و ۱۱/۷۷ درصد به ترتیب وجود دارند.

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

## آنالیز BET

خلاصه آنالیز	
۵۵/۰ مترمربع بر گرم	مساحت یک نقطه
۵۷/۰ مترمربع بر گرم	مساحت سطحی بر اساس BET
۹۷/۰ مترمربع بر گرم	مساحت سطحی بر اساس لانگمویر
۰۶/۱ مترمربع بر گرم	t-Plot سطح خارجی
۰۰۰۱۸/۰ مترمکعب بر گرم	حجم منافذ

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

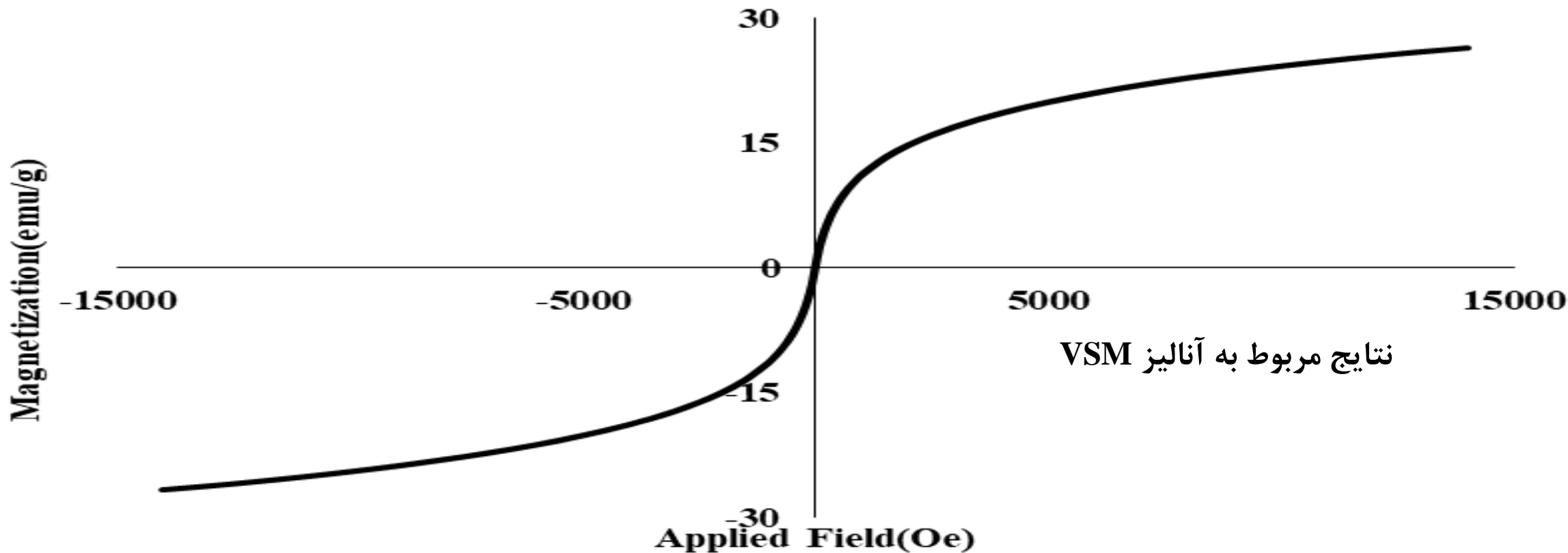
روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع



در این مرحله از مطالعه، آنالیز VSM جهت تعیین میزان خاصیت مغناطیسی نانوکامپوزیت ارایه شده است. همانگونه که در شکل مشخص است، به دلیل حضور نانو اکسیدهای آهن ( $Fe_3O_4$ ) در ساختار نانوکامپوزیت، دارای خصوصیت مغناطیسی مطلوبی است و کشیدگی در نمودار VSM از محدوده  $-15000$  تا  $15000$  به مقدار  $30$  تا  $-30$   $emu/g$  است.

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

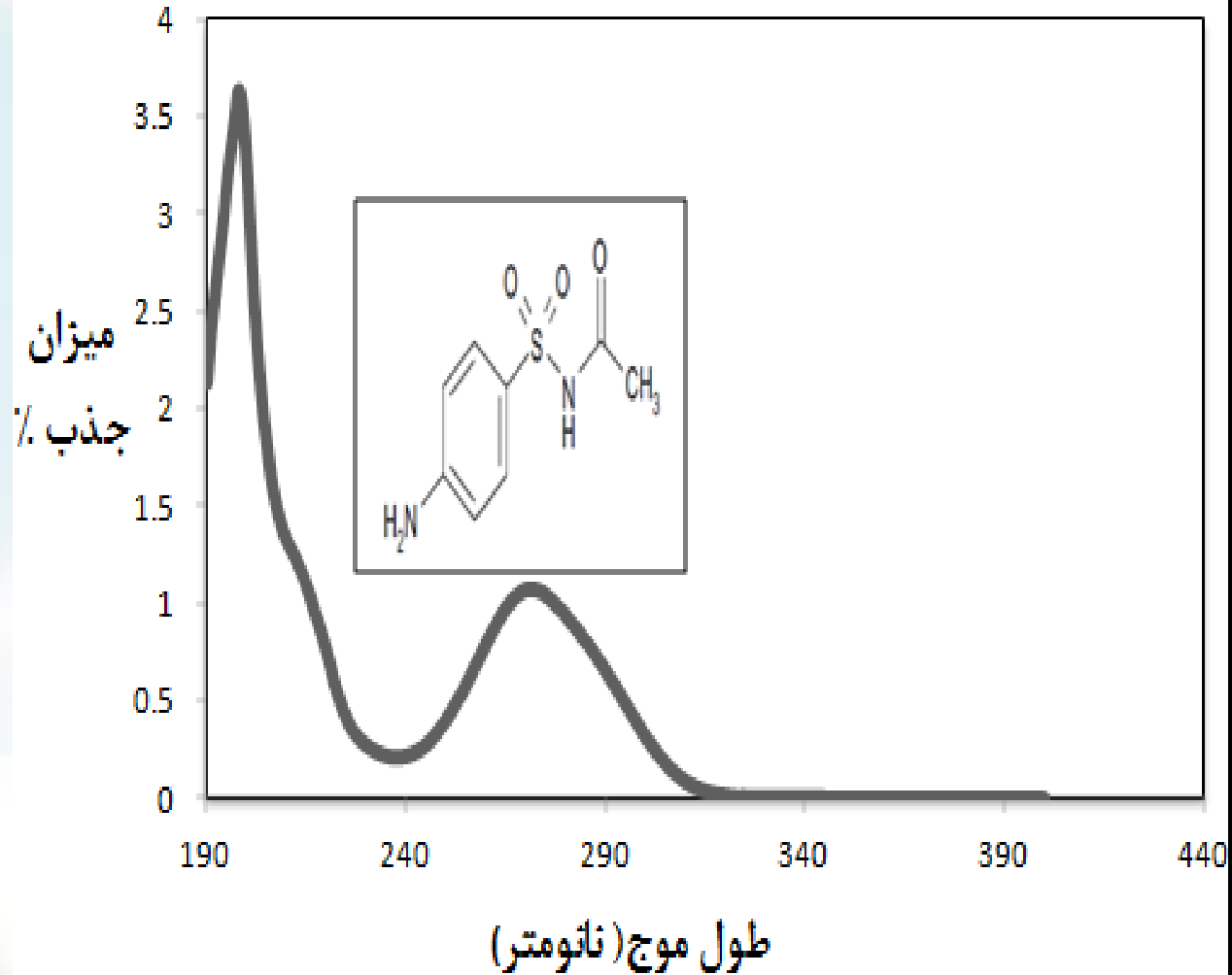
نتایج

بحث

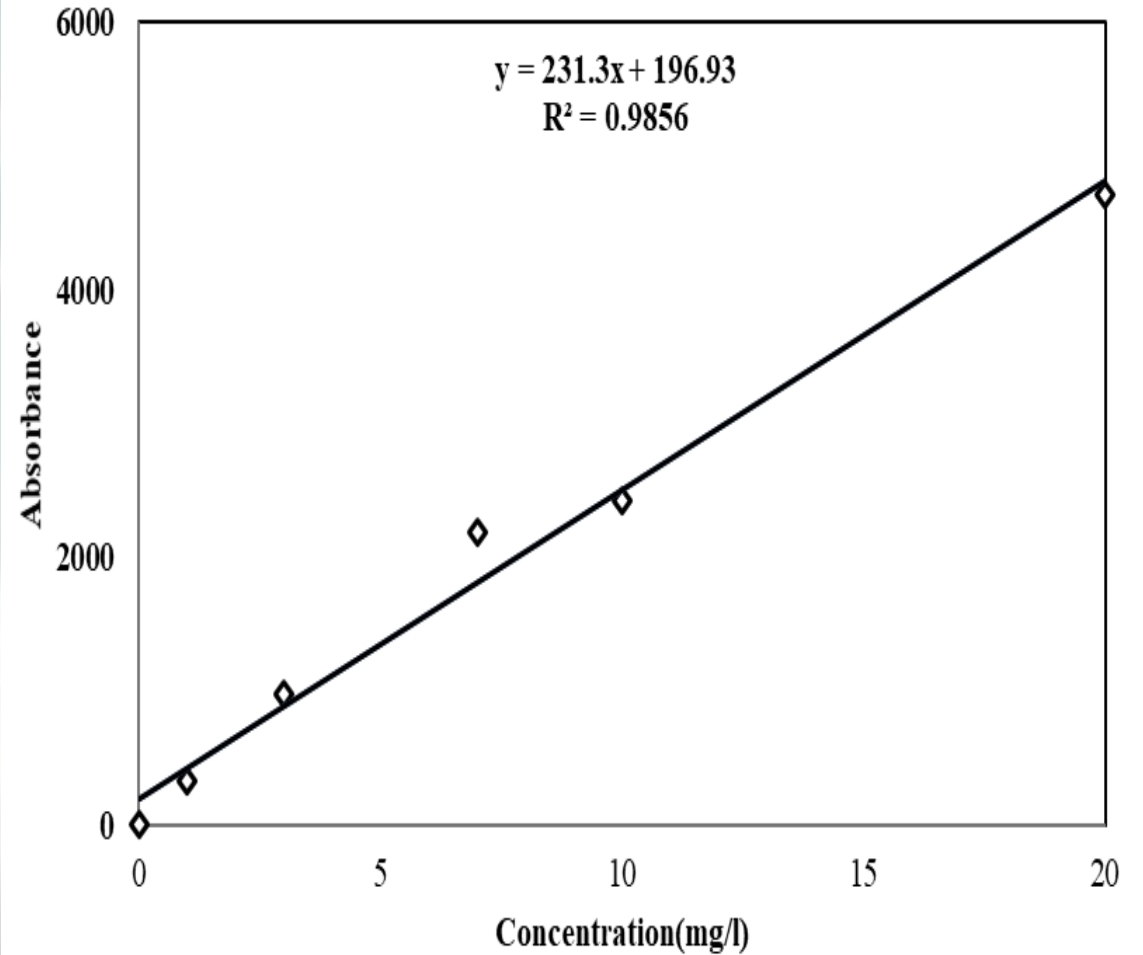
نتیجه  
گیری

منابع

"بررسی پارامترهای موثر بر حذف  
سولفوستامید"



طول موج ماکزیمم سولفوستامید تعیین شده توسط DR5000

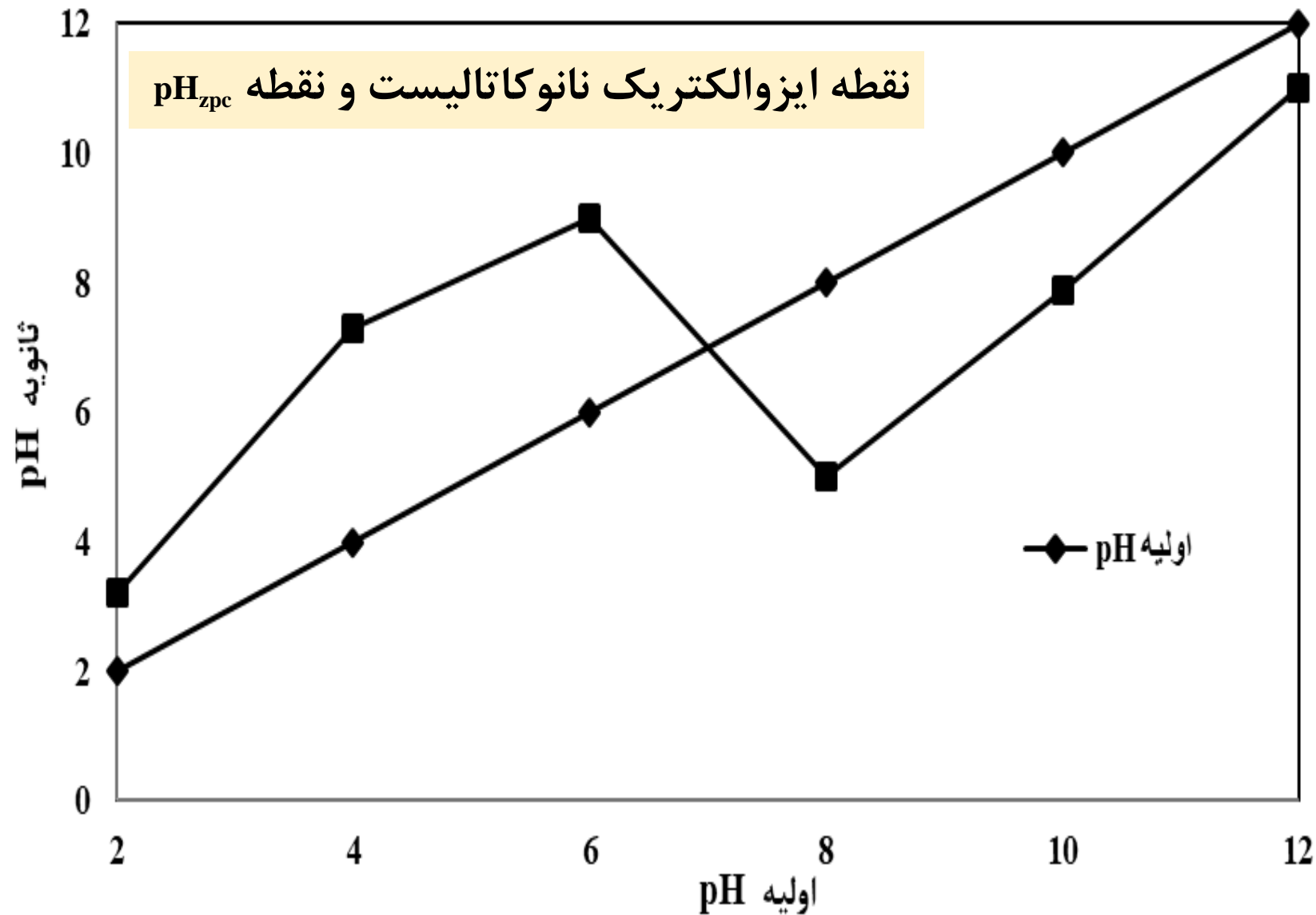


منحنی کالیبراسیون سولفوستامید تعیین شده توسط HPLC



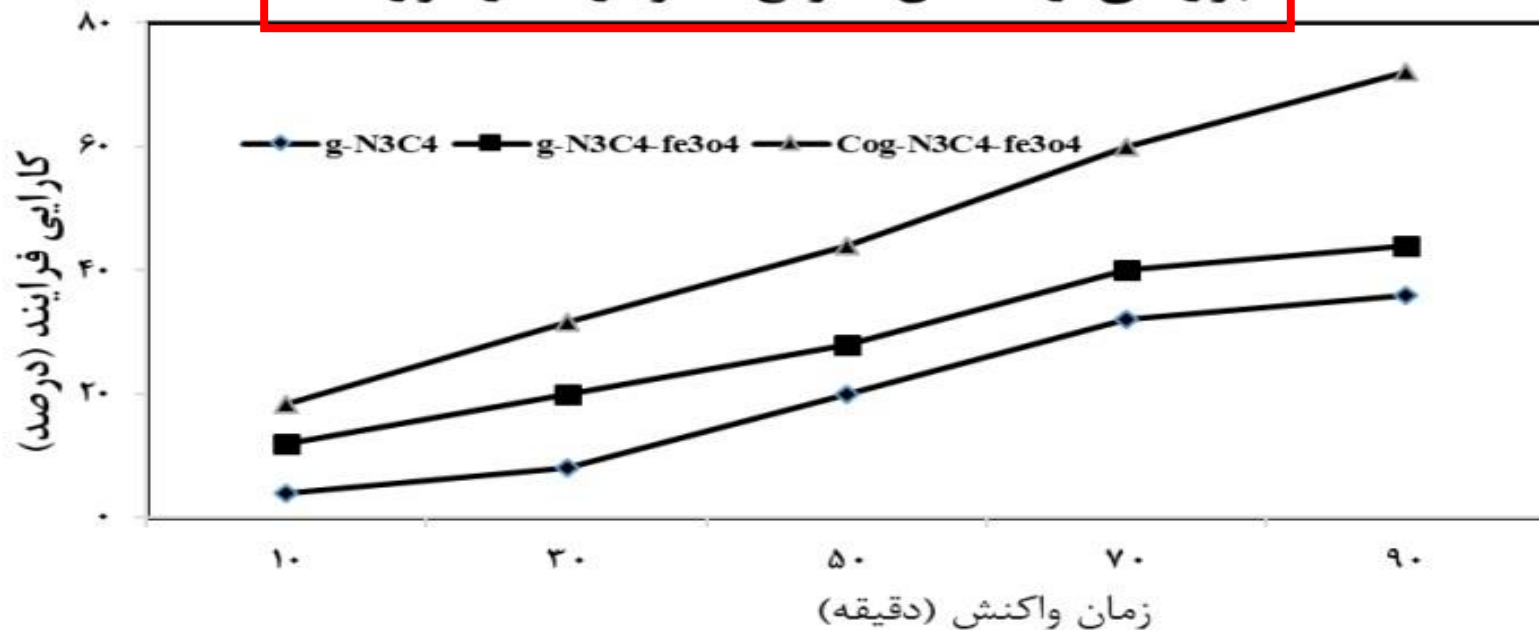
## تعیین $pH_{zpc}$

همانگونه که از نمودار مشخص است،  $pH_{zpc}$  نانوکاتالیست مورد استفاده در حدود ۷ استفاده می‌باشد که بر اساس خصوصیات آن انتظار می‌رود کارایی فرایند در این محدوده از  $pH$  بالاترین حد ممکن باشد.



## تعیین بهترین کارایی فرایند بر اساس نانوکاتالیست ها

بررسی راندمان انواع نانوذره در نور UV



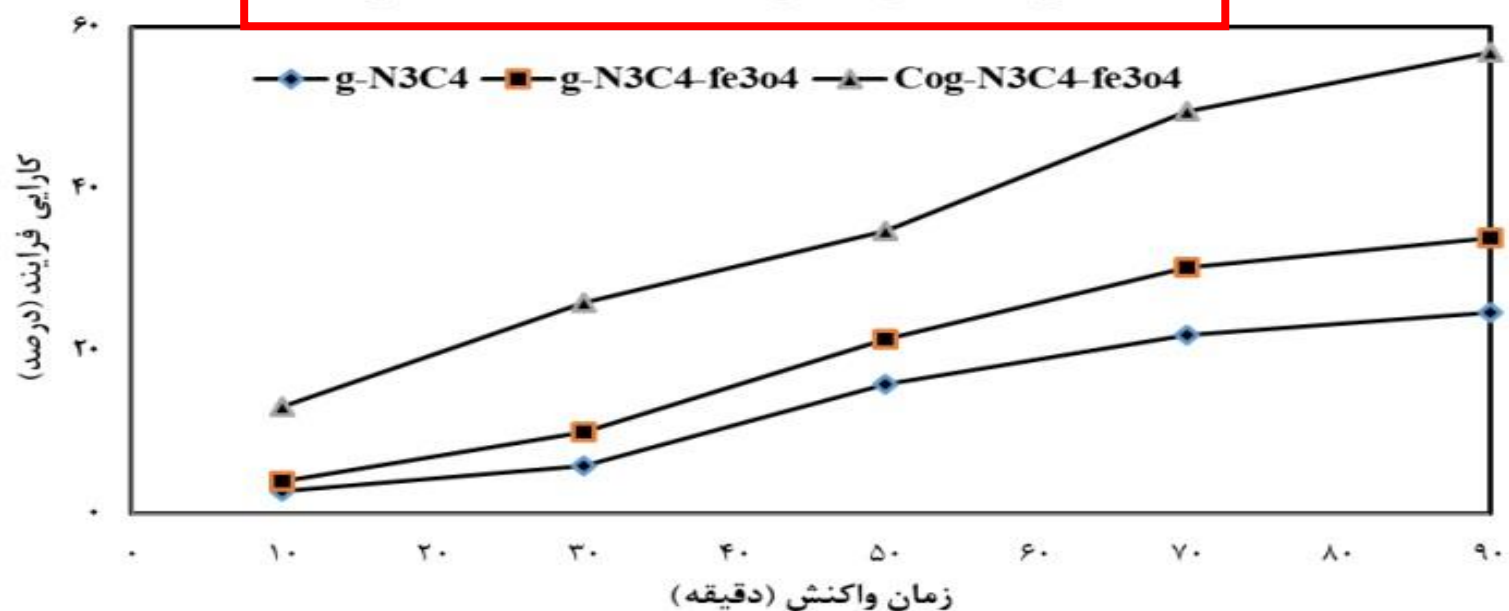
نمودار ۴-۴: اثر نوع کاتالیست در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید با استفاده از فرآیند فوتوکاتالیستی در نور ماورابنفش (زمان واکنش بهینه: ۹۰ دقیقه، غلظت نانوکاتالیست: ۰/۱g/L، غلظت آنتی بیوتیک:

(mg/l)

در این بخش از مطالعه، ابتدا جهت تعیین تاثیر نوع کاتالیست بر کارایی فرایند، سه نوع کاتالیست g- $C_3N_4$ ، g- $C_3N_4/Fe_3O_4$  و Co/g- $C_3N_4/Fe_3O_4$  در شرایط نوری ماورابنفش و نور مرئی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این بخش در نمودار ۴-۴ و ۴-۵ ارائه شده است

## تعیین بهترین کارایی فرایند بر اساس نانوکاتالیست ها

بررسی راندمان انواع نانو ذره در نور مرئی



نمودار ۴-۵: اثر نوع کاتالیست در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید با استفاده از فرآیند فوتوکاتالیستی در حضور نور مرئی

(زمان واکنش بهینه: ۷۰ دقیقه، غلظت نانوکاتالیست: ۰/۱g/L، غلظت آنتی بیوتیک: mg/l)

همانگونه که از نتایج مشخص است کارایی فرایند فوتوکاتالیسی در هر دو نوع منبع نوری (ماورابنفش و مرئی) در هنگامیکه از نانوکاتالیست  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  بیشتر است. در حالت استفاده از نانو کاتالیست  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  ۷۲ درصد به ترتیب در حضور نور ماورابنفش و مرئی می باشد

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

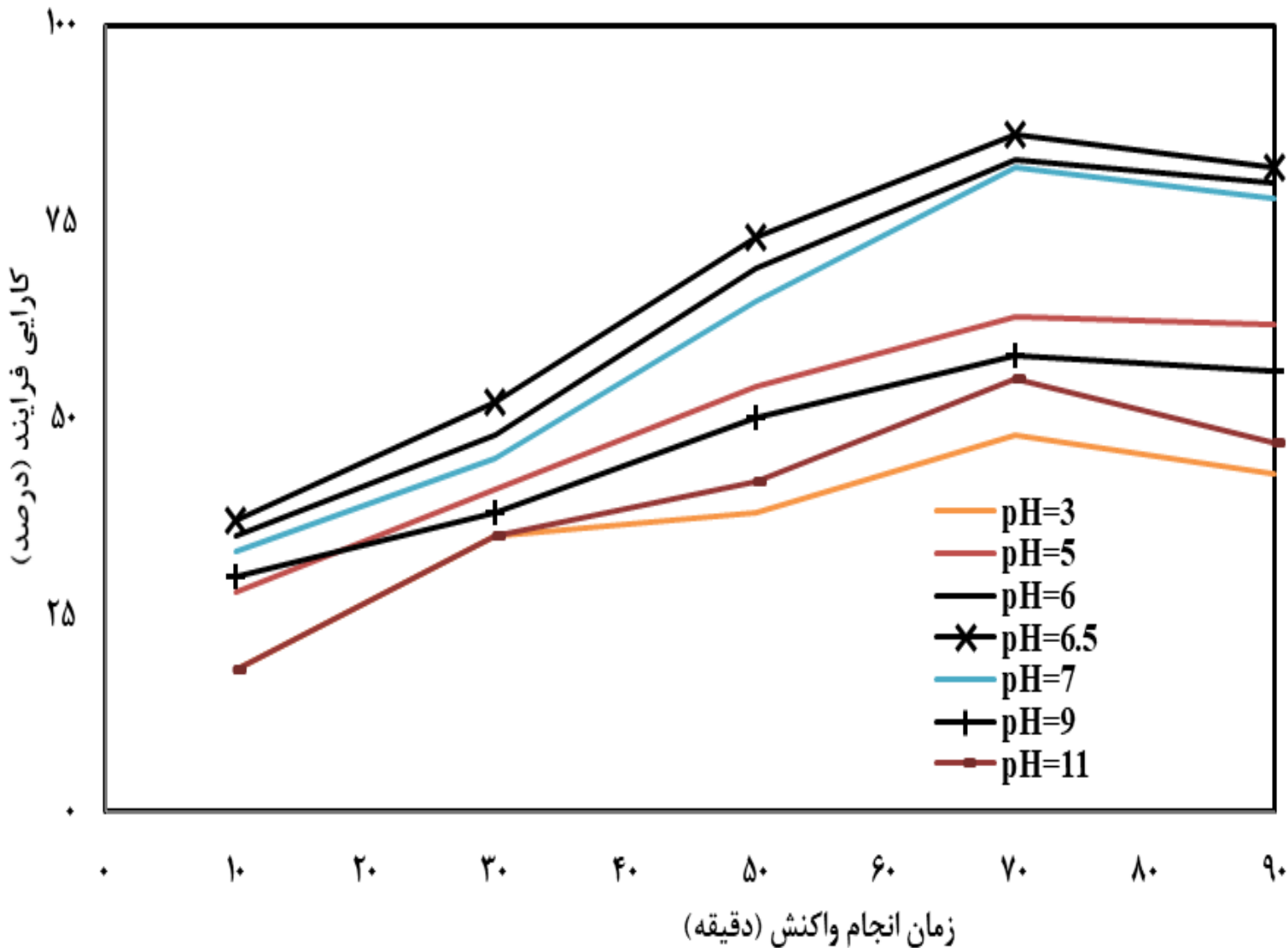
بحث

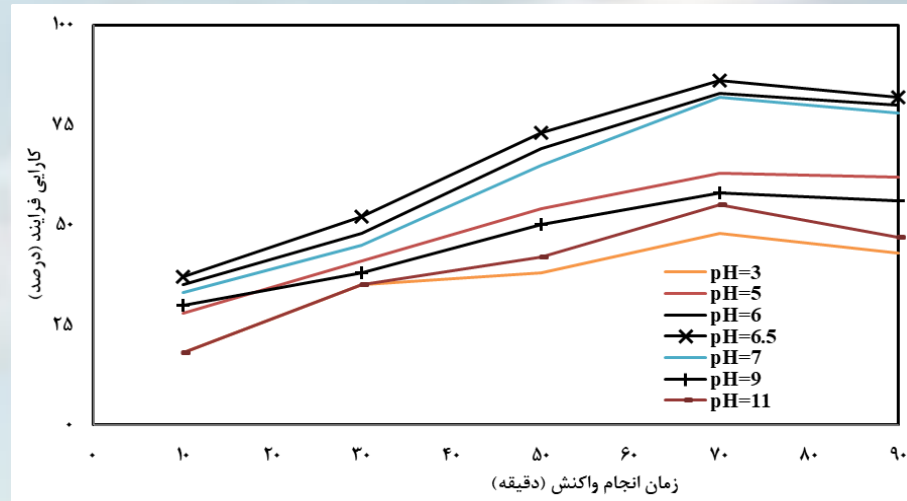
نتیجه  
گیری

منابع

اثر pH محیط در حذف آنتی-  
بیوتیک سولفوستامید با  
استفاده از فرآیند  
فوتوکاتالیستی در نور  
فرابنفش

(زمان واکنش بهینه: ۷۰ دقیقه،  
غلظت نانوکاتالیست: ۰.۵g/L، غلظت  
آنتی بیوتیک: ۱۰mg/l)





همانطور که در نمودار صفحه ی پیش نشان داده شده است، بیشترین میزان اکسیداسیون آنتی بیوتیک در محیط های کمی اسیدی ( $\text{pH}=6.5$ ) رخ داده است.

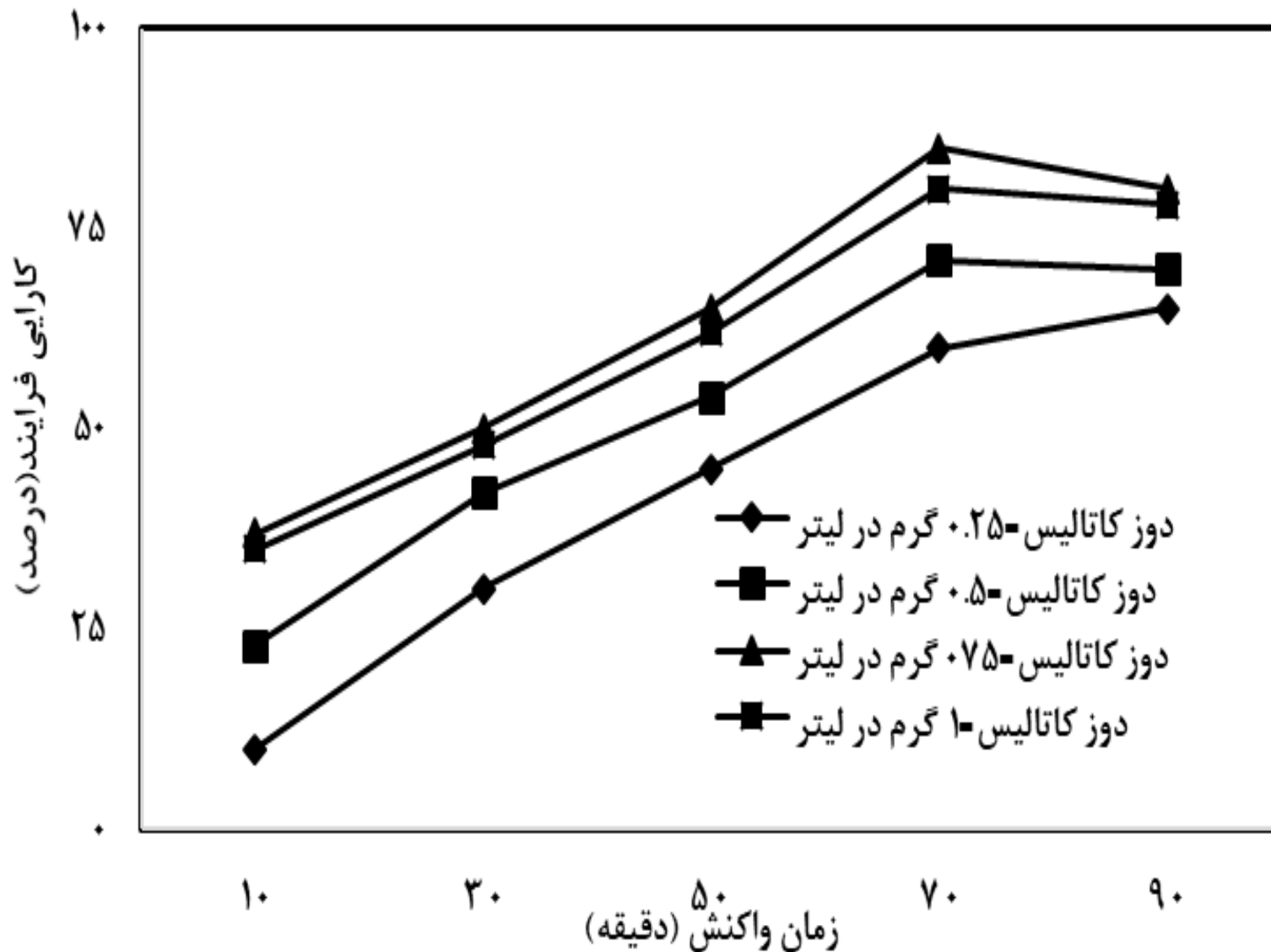
در این شرایط مقدار حذف ۸۲ درصد در مدت زمان ۷۰ دقیقه بود. با تغییر pH از این مقدار، کارایی فرایند کاهش پیدا می کند به نحوی که کارایی در pH برابر ۳ و ۱۱ به ترتیب کارایی به ۴۸ و ۵۵ درصد کاهش پیدا می کند.

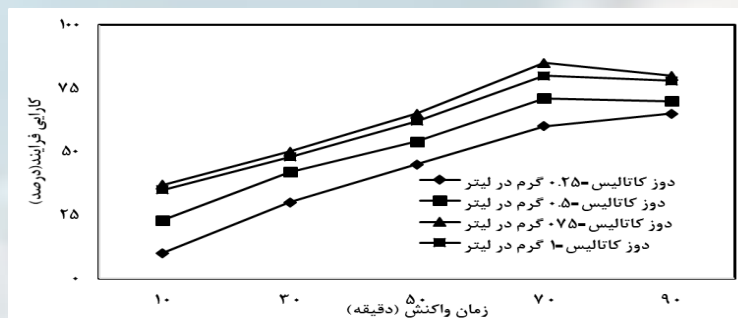
اثر دوز کاتالیست در حذف  
آنتی بیوتیک سولفوستامید با  
استفاده از فرآیند  
فوتوکاتالیستی در حضور نور  
فرابنفش

(زمان واکنش: ۷۰ دقیقه،

pH: ۶/۵، غلظت

سولفوستامید: ۱۰ mg/l)





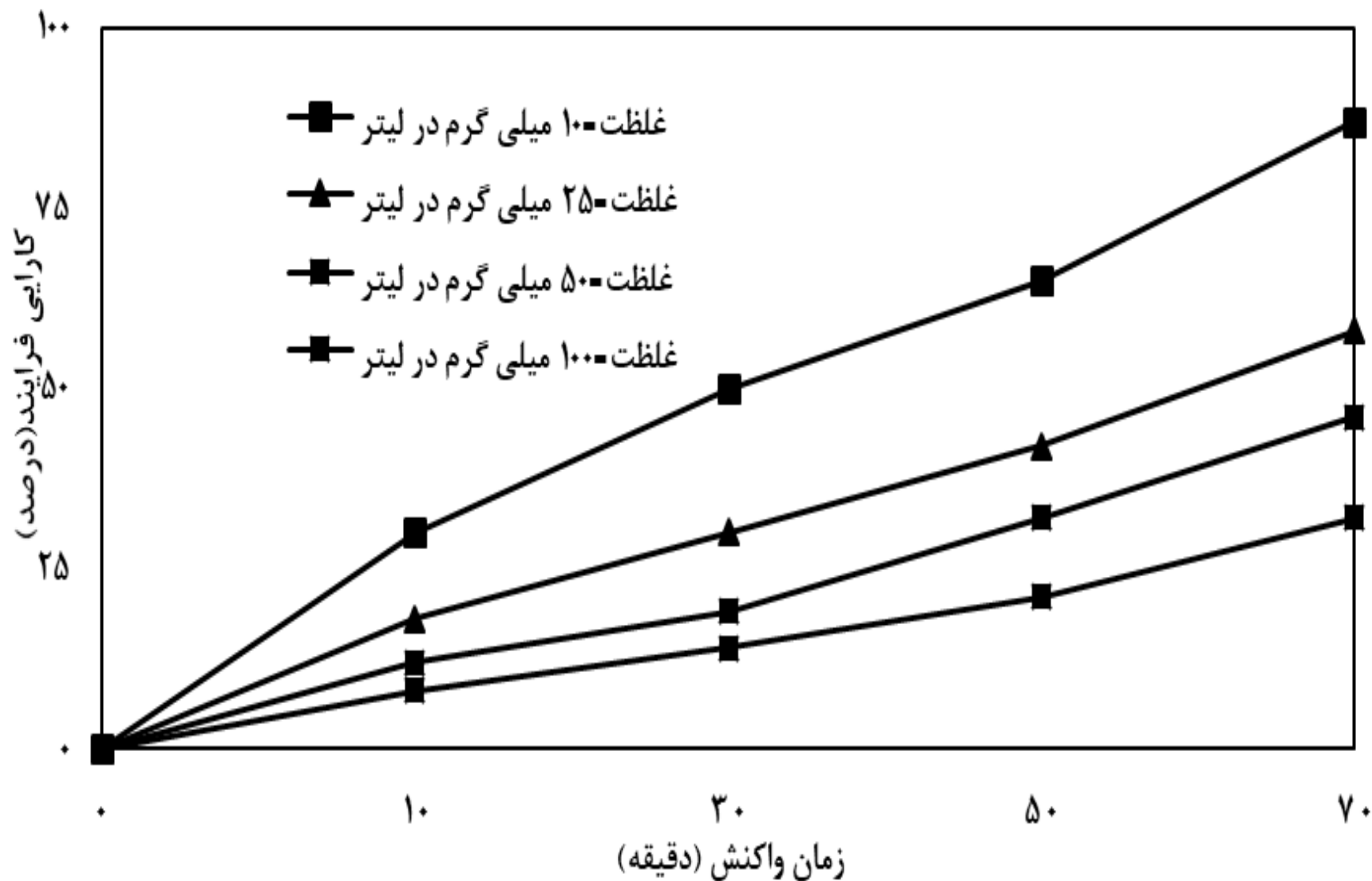
در این مرحله با pH بهینه ۶/۵ ، غلظت اولیه آنتی بیوتیک سولفوستامید ۱۰ میلی گرم در لیتر ، دوزهای مختلف از نانوکاتالیست ( ۰/۲۵ ، ۰/۵ ، ۰/۷۵ و ۱ گرم در لیتر) بکار برده شد.

نتایج مشخص نمود که **در دوز ۰/۷۵ گرم در لیتر از نانوکاتالیست، کارایی فرایند بالاترین مقدار حذف سولفوستامید را داشته است.**

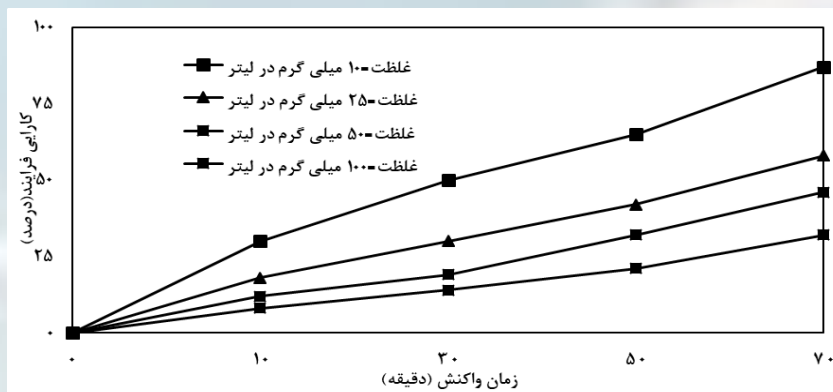
با تغییر دوز نانوکاتالیست، کارایی فرایند تغییر کرد، کارایی فرایند در دوز ۰/۲۵ گرم در لیتر به ۶۵ درصد کاهش پیدا کرد.

اثر غلظت آنتی بیوتیک در  
حذف آنتی بیوتیک  
سولفوستامید با استفاده از  
فرآیند فوتوکاتالیستی در  
حضور نور فرابنفش

(زمان واکنش: ۷۰  
دقیقه، pH: ۶/۵، دوز  
نانوکاتالیست: ۰/۷۵ g/l)







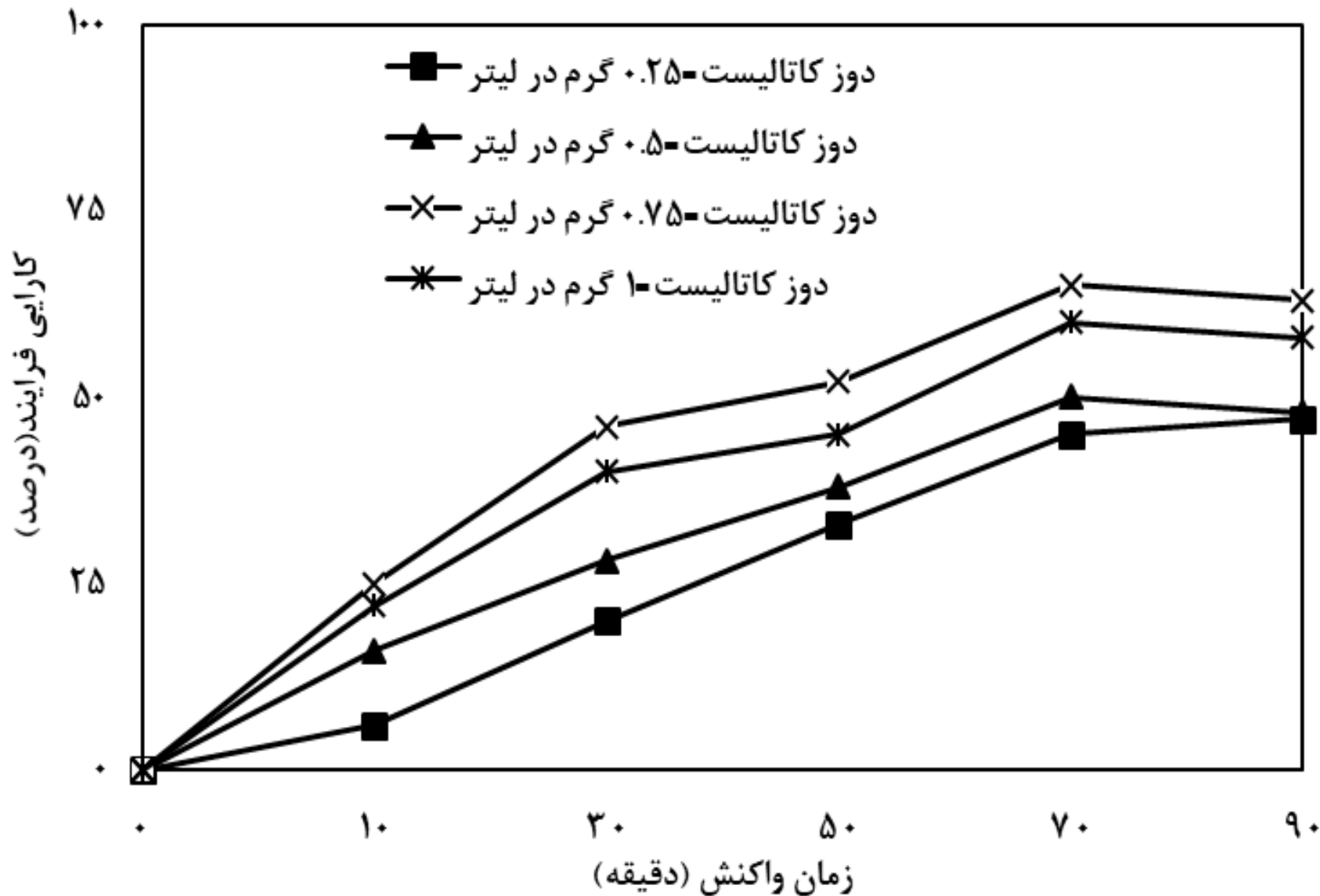
در این مرحله (pH=۶/۵) و دوز نانوکاتالیست (۰/۷۵ گرم در لیتر) و غلظت اولیه آنتی بیوتیک سولفوستامید در مقادیر ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر در نظر گرفته شد.

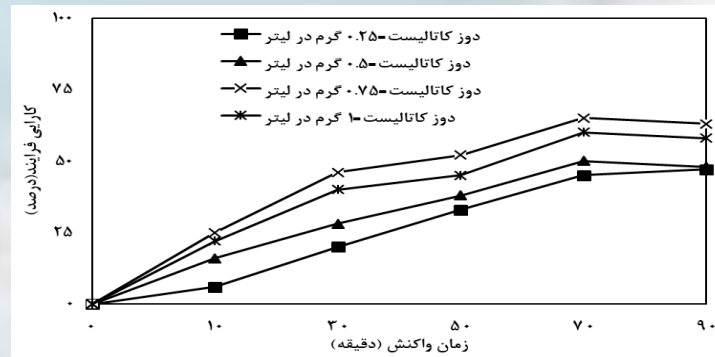
**نتایج مشخص نمود که در غلظت ۱۰ گرم در لیتر از آنتی بیوتیک، کارایی فرایند بالاترین مقدار حذف است.**

در این غلظت، کارایی فرایند ۸۷ درصد است. با افزایش غلظت آلاینده به ۱۰۰ میلی گرم در لیتر، کارایی فرایند به ۳۲ درصد کاهش پیدا می کند.

اثر دوز کاتالیست در  
حذف آنتی بیوتیک  
سولفوستامید با استفاده  
از فرآیند فوتوکاتالیستی  
در نور مرئی

(زمان واکنش: ۹۰ دقیقه،  
pH: ۶/۵، غلظت  
سولفوستامید: ۱۰ mg/l)





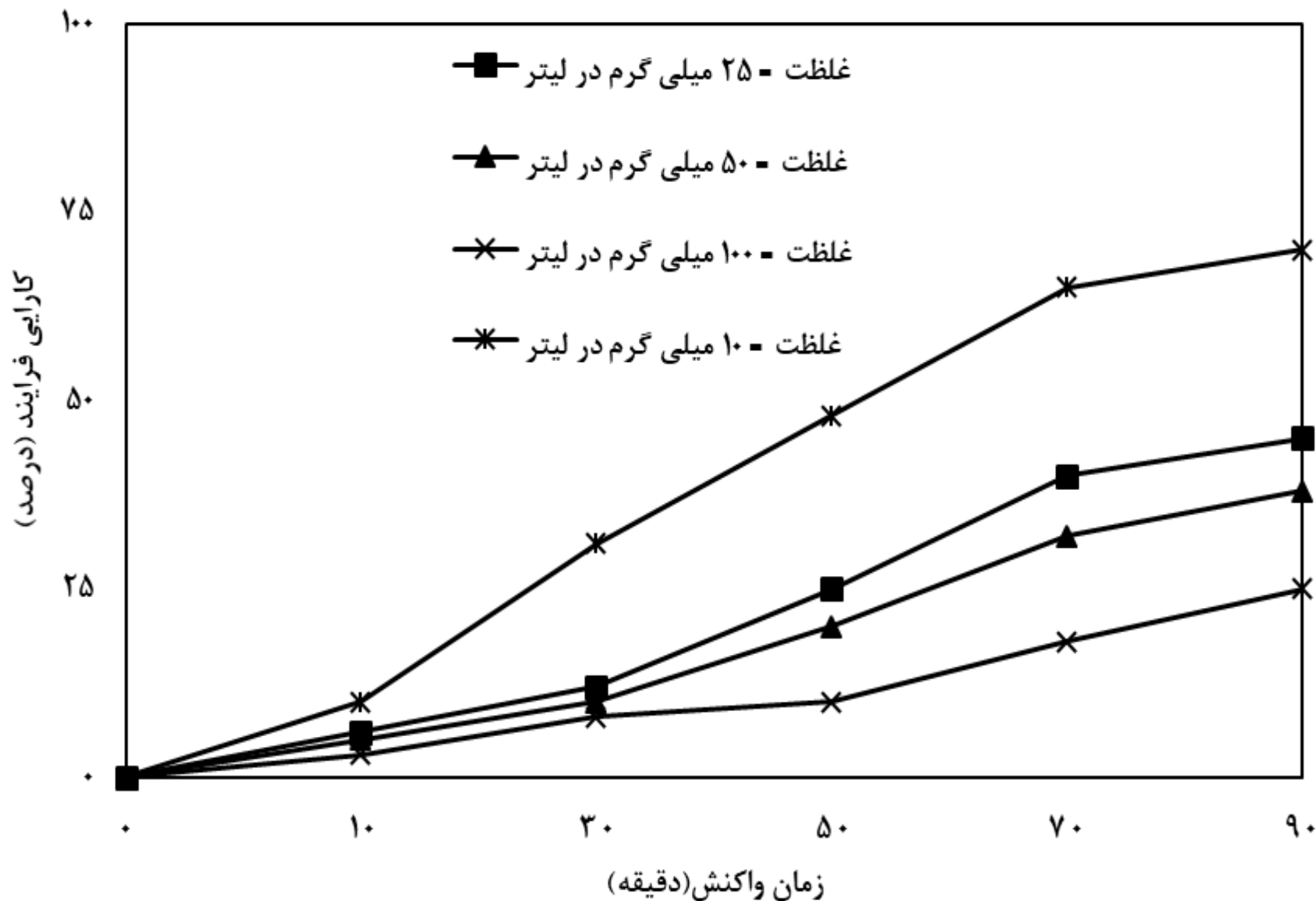
در این مرحله pH بهینه شده ( $pH=6/5$  نور ماورابنفش)، غلظت اولیه آنتی بیوتیک سولفوستامید در مقدار ۱۰ میلی گرم در لیتر در نظر گرفته شد و دوزهای مختلف از نانوکاتالیست (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ گرم در لیتر) بکار برده شد.

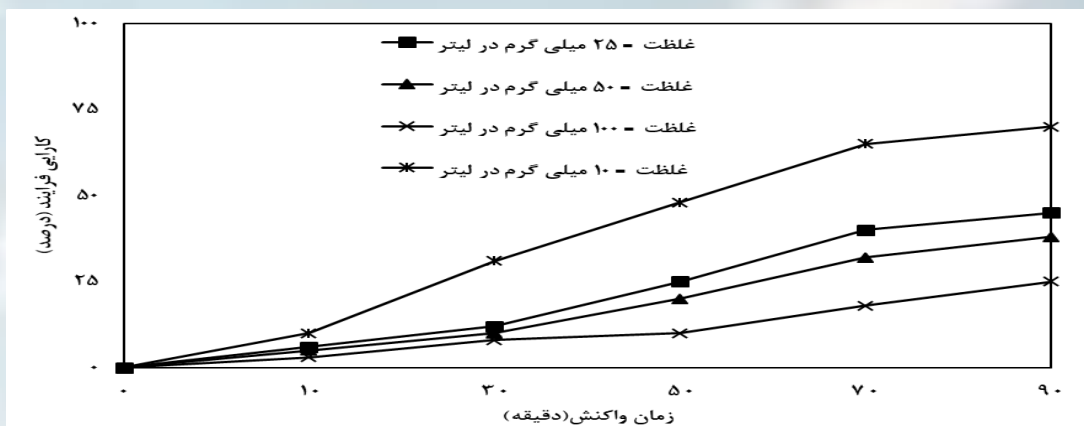
**نتایج مشخص نمود که در دوز ۰/۷۵ گرم در لیتر، کارایی فرایند بالاترین مقدار حذف سولفوستامید است (۶۵ درصد).**

با تغییر دوز نانوکاتالیست، کارایی فرایند تغییر می کند، کارایی فرایند در دوز ۰/۲۵ گرم در لیتر به ۴۵ درصد کاهش پیدا می کند.

## اثر غلظت آنتی بیوتیک در حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید با استفاده از فرآیند فوتوکاتالیست در نور مرئی

(زمان واکنش: ۹۰ دقیقه، ۶/۵:  
pH، دوز نانوکاتالیست:  
۰/۷۵g/l)





در این مرحله ( $pH=6/5$ ) و دوز نانوکاتالیست ( $0/75$  گرم در لیتر) و غلظت اولیه آنتی بیوتیک سولفوستامید در مقادیر ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر در نظر گرفته شد.

**نتایج مشخص نمود که در غلظت ۱۰ گرم در لیتر، کارایی فرایند بالاترین مقدار حذف است. در این غلظت، کارایی فرایند ۷۰ درصد در مدت زمان ۹۰ دقیقه است.**

با افزایش غلظت آلاینده به ۱۰۰ میلی گرم در لیتر، کارایی فرایند به ۲۵ درصد کاهش پیدا می کند.

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

به منظور تایید تولید یا عدم تولید رادیکال و اکسیداسیون پیشرفته بودن فرآیند، در این مطالعه از عامل رباینده رادیکال استفاده شد که رادیکال‌های تولیدی در طی این فرآیند را از بین ببرد، برای این منظور، در شرایط بهینه تعیین شده در مراحل قبلی، غلظت  $0.2$  مولار از ترت بوتیل الکل بعنوان رباینده رادیکال به محیط واکنش وارد شد.

بر اساس نتایج ارائه شده مشخص شد که حضور ترت بوتیل الکل بعنوان رباینده رادیکال باعث کاهش کارایی فرایند از  $87$  درصد به  $60$  درصد در مدت زمان  $90$  دقیقه در شرایط بهینه فرایند شد.

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

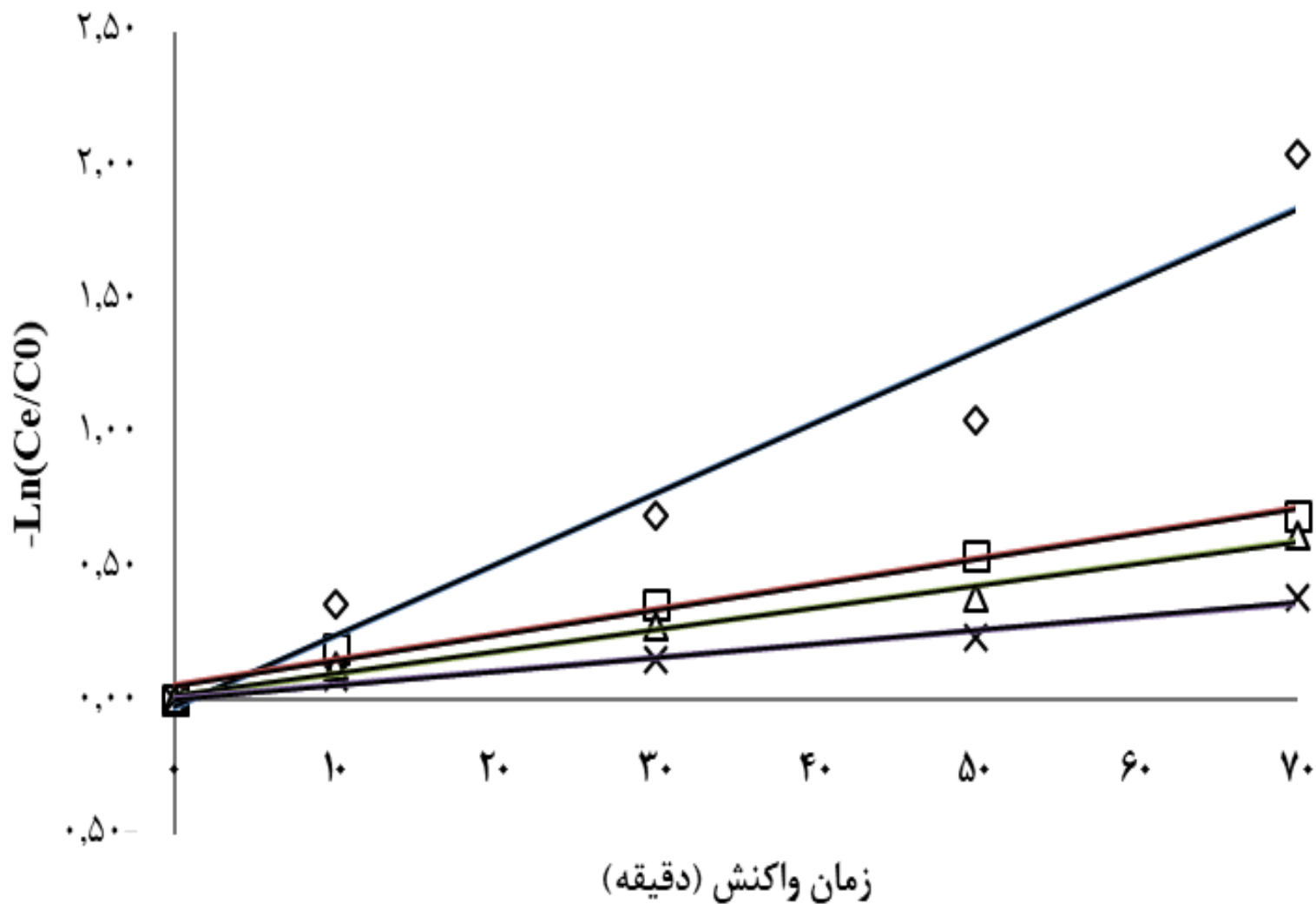
بحث

نتیجه  
گیری

منابع

## سینتیک حذف سولفوستامید در فرآیند فوتوکاتالیسی

( $\text{pH} = 6/5$  ، دوز  
کاتالیست =  $0/75$  گرم در لیتر،  
زمان واکنش =  $90$  دقیقه)



R <sup>2</sup>	k <sub>app</sub> (min <sup>-1</sup> )	غلظت آلاینده
0/94	0/02	۱۰
0/98	0/082	۲۵
0/97	0/0095	۵۰
0/97	0/0051	۱۰۰

**ضرایب کینتیکی درجه یک در حذف آنتی-  
بیوتیک سولفوستامید**

(pH = ۶/۵، دوز کاتالیست = ۰/۷۵ گرم در  
لیتر، زمان واکنش = ۹۰ دقیقه)

در این بخش از مطالعه، **نتایج مربوط به سرعت انجام واکنش شیمیایی** فرایند فوتوکاتالیستی در حذف آنتی-بیوتیک سولفوستامید مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه از سینتیک درجه صفر، درجه یک و درجه دوم جهت بررسی سرعت واکنش استفاده شد.

بر اساس نتایج بدست آمده در این بخش، **سرعت واکنش حذف آنتی بیوتیک سولفوستامید از سینتیک درجه یک پیروی می نماید.** جدول فوق نشان دهندهی ضرایب سینتیکی درجه یک می باشد.



مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

نتیجه گیری:

"فرآیند فوتوکاتالیستی"

pH

pH محیط در فرآیند فوتوکاتالیستی بر روی میزان جذب آلاینده بر روی کاتالیست و همچنین نرخ تجزیه پذیری آلاینده تاثیر گذار است.

آنتی بیوتیک ها به دلیل حضور گروه های عاملی بر پایه خاصیت اسیدی یا بازی شدت تحت تاثیر pH هستند. حالت یونیزاسیون این ترکیبات تحت تاثیر pH محیط است. سولفانامید دارای دو pKa است.

$pK_{a1}$  در 2/5 و  $pK_{a2}$  در 5/27. پس هنگامی که pH کمتر از 2/5 است، شکل کاتیونی غالب ( $SEM^+$ ) است و هنگامی که pH بالای 5/27 است، شکل آنیونی آنتی بیوتیک ( $SEM^-$ ) غالب است.

مولکول سولفانامید در محدوده ی 2/5 تا 5/27 خنثی است بنابراین pH و ZPC کاتالیست در تجزیه آنتی بیوتیک نقش اساسی دارد. pH بهینه در این محدوده ی 6/5 و ZPC کاتالیست حدود 7 است. بر اساس ZPC در pH برابر 6/5، سطح کاتالیست دارای بار مثبت است و سطح آنتی بیوتیک دارای بار منفی است. بنابراین پیوندهای قوی الکترواستاتیکی بین کاتالیست و آنتی بیوتیک امکان پذیر است.

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

### غلظت کاتالیست :

افزایش کارایی فرایند، با افزایش دوز کاتالیست تا دوز بهینه کاتالیست افزایش می یابد که این امر به دلیل تشکیل گونه های اکسید کننده زیاد نظیر رادیکال هیدروکسیل می باشد. اما افزایش غلظت کاتالیست از ۰/۷۵ گرم بر لیتر به بالاتر منجر به ثابت ماندن راندمان حذف و حتی در مقادیر بالاتر باعث افت کارایی می شود.

دلیل کاهش راندمان حذف در غلظت های بالای کاتالیست:

1. مانع از نفوذ موثر UV در داخل راکتور شده

2. منجر به افزایش تولید رادیکال هیدروکسیل ( به عنوان یک رادیکال خوار عمل )

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

## غلظت آنتی بیوتیک سولفوستامید:

با افزایش غلظت آلاینده‌ها راندمان حذف نیز کاهش می‌یابد

که این امر به دلیل افزایش نسبت آلاینده‌ها به اکسید کننده رخ می‌دهد، به همین دلیل غلظت‌های بالای آنتی بیوتیک نیازمند زمان‌های واکنش بالاتری برای حذف می‌باشند.

مقدمه

اهداف و  
فرضیات

روش کار

نتایج

بحث

نتیجه  
گیری

منابع

## نتیجه گیری:

از نتایج مطالعه حاضر نشان داد که نانوکامپوزیت سنتز شده در این مطالعه دارای قابلیت بالایی در میزان حذف آلاینده دارد. همچنین نتایج نشان داد که در شرایط بهینه پارامترهای راهبری فرآیند، نظیر pH و دوز کاتالیست مورد استفاده استفاده از نانوکامپوزیت  $\text{CO/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  قابلیت ته نشینی کاتالیست و به دنبال آن جداسازی آن را در مقایسه با کاتالیست‌های تجاری بهبود بخشید.

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که فرآیند اکسیداسیون آنتی بیوتیک سولفوستامید با استفاده از نانوکامپوزیت  $\text{CO/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  به شدت وابسته به pH بوده و در محیط‌های نسبتاً اسیدی حذف این آلاینده در زمان‌های کوتاه‌تری رخ می‌دهد. با توجه به اینکه سولفوستامید موجود در محلول طی فرآیند فتوکاتالیستی تجزیه می‌شود می‌تواند ترکیبات میانی دیگری نیز تولید کند.

در نهایت با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که فرآیند فتوکاتالیستی با نانوکامپوزیت  $\text{CO/g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  یک فرآیند کارآمد در اکسیداسیون آنتی بیوتیک سولفوستامید از محلول‌های آبی می‌باشد.

## "پیشنهادات"

- ✓ استفاده از فرآیند فتوکاتالیستی  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$  برای حذف و اکسیداسیون سایر آلاینده ها.
- ✓ انجام مطالعاتی در خصوص استفاده از این نانوکامپوزیت برای اکسیداسیون آلاینده های آنتی بیوتیکی در نمونه فاضلاب های واقعی.
- ✓ بررسی عملکرد فرآیند فتوکاتالیستی  $\text{Co/g-C}_3\text{N}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$  با الگوی جریان پیوسته به منظور بررسی اثر زمان ماند هیدرولیکی.
- ✓ بررسی سمیت پساب خروجی این فرایند بر روی موجودات زنده.
- ✓ تعیین میزان معدنی سازی فرایند با استفاده از شاخص های COD و TOC
- ✓ تعیین اثر هم افزایی فرایندهای فوتولیز و جذب سطحی
- ✓ تعیین مواد حد واسط تولیدی و مسیر احتمالی تجزیه
- ✓ تعیین میزان پایداری کاتالیست پس از چند مرحله آزمایش

## مطالعات انجام شده در داخل کشور

ردیف	پژوهشگر	فرآیند، آلاینده	نتیجه مطالعه
۱	Akhondi و همکارانش در سال 2017	C3N4/ FeO4/ Ag/Ag2SO3 تخریب فوتوکاتالیستی آلاینده های آب	نانوکامپوزیت تهیه شده با رفلکسینگ برای ۱۲۰ دقیقه دارای فعالیت فتوکاتالیستی برتر است و فعالیت آن با افزایش درجه حرارت کاتالیست کاهش می یابد.
۲	Fazelzadeh و همکارانش در سال ۲۰۱۷	بررسی کارایی فرایند سونوفنتون در حذف سولفاستامید از محیط های آبی در حضور نانوذرات آهن صفر	بیشترین کارایی حذف با ۹۱ درصد در pH برابر ۳، زمان ۶۰ دقیقه و میزان ۵ گرم در لیتر نانوذرات آهن و غلظت ۱ مولارهیدروژن پراکساید مشاهده شد.

منابع

نتیجه  
گیری

بحث

نتایج

روش کار

اهداف و  
فرضیات

مقدمه

## مطالعات انجام شده در خارج کشور

ردیف	پژوهشگر	فرآیند، آلاینده	نتیجه مطالعه
۱	و همکاران در سال ۲۰۱۷ Zhang	اثر تخریبی Ag <sub>2</sub> O/g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> /Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> برای رودامین ب تحت نور مرئی	۱۰ میلی گرم در لیتر RhB پس از ۶۰ دقیقه زیر ۵۰۰ وات از نور مرئی، ۹۸/۳ درصد تخریب شد.
۲	Dan و همکارانش در سال ۲۰۱۸	نانوکامپوزیت C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> اصلاح شده با اکسید آهن، برای سرب و کادمیوم و روی از محلول آبی	فرایند دارای کارایی مناسبی در حذف آلاینده ها می باشد و نانوکامپوزیت پس از ۵ بار استفاده دارای کارایی ۸۸,۹ درصدی است.
۳	liuhui و همکارانش در سال ۲۰۱۰	نانو کامپوزیت Co-BiVO <sub>4</sub> را سنتز کرد برای حذف آلاینده متیلن بلو	کارایی فرایند در حذف رنگ متیلن بلو در ۵ ساعت، ۶۵ درصد است.
۴	Batista و همکارانش در سال ۲۰۱۴	بررسی نقش گونه های اکسیژن واکنشی در تجزیه سولفاستامید با استفاده از فن آوری های مبتنی بر UV	کارایی فرایند در تخریب این ترکیب مناسب است و در شرایط بهینه فرایند، بخش عمده ای از ترکیب اولیه آن حذف می شود.

## مطالعات انجام شده در خارج کشور

ردیف	پژوهشگر	فرآیند، آلاینده	نتیجه مطالعه
5	Wu و همکاران در سال ۲۰۱۹	بررسی کارایی فرایند $UV/TiO_2$ در حذف آنتی-بیوتیک‌های خانواده سولفانامید	فرایند فوتولیز مستقیم باعث تجزیه سولفانامیدها می‌شود ولی باعث معدنی‌سازی نمی‌شود. بیشترین تجزیه نوری و معدنی‌سازی به ترتیب در $pH 9 > pH 7 > pH 5$ پیروی می‌کند. در $pH$ برابر ۵، ثابت سرعت کانی‌سازی SMX، SFZ، SDZ و STZ به ترتیب ۰.۰۱۵، ۰.۰۰۹، ۰.۰۱۲ و ۰.۰۱۱ عکس دقیقه بود. حضور سدیم کلسیم در محیط باعث افزایش تجزیه آنتی-بیوتیک‌ها شد. اثر مهاری یون‌های کلرید در از بین بردن سولفونامیدها در سیستم $UV/TiO_2$ به یون‌های کلرید رادیکال‌های هیدروکسیل ( $HO^\bullet$ ) و حفره‌ها و واکنش‌پذیری بسیار پایین‌تر رادیکال‌های کلر شکل گرفته است.
6	kumar و همکارانش در سال ۲۰۱۸	استفاده از نانوکامپوزیت $BiOCl/g-C_3N_4/Cu_2O/Fe_3O_4$ جهت انجام فرایند فوتوکاتالیستی در راستای حذف آلاینده‌های محیطی	در این مطالعه تاثیر پارامترهای $pH$ ، دوز کاتالیست و غلظت نیترات مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که فرایند دارای کارایی مناسبی در حذف آلاینده-ها بر اساس شاخص COD و TOC است.



## مطالعات انجام شده در خارج کشور

ردیف	پژوهشگر	فرآیند، آلاینده	نتیجه مطالعه
7	Zhu و همکاران در سال ۲۰۱۹	بررسی کارایی فرایند $UV/H_2O_2$ در حذف ترکیبات دارویی خانواده سولفانامیدها	بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که سولفونامیدها می توانند به طور کامل در سیستم $UV/H_2O_2$ تجزیه شوند و هر آلاینده موجود در سیستم از سینتیک مرتبه اول پیروی می کند. حذف سولفونامیدها تحت تأثیر غلظت اولیه محلول، شدت تابش نور $UV$ ، دوز $H_2O_2$ و $pH$ اولیه محلول قرار دارد. افزایش شدت پرتوتابی اشعه ماوراء بنفش و دوز هیدروژن پراکساید باعث افزایش قابل توجه راندمان تجزیه آنتی بیوتیک ها، شد در حالی که غلظت اولیه بالاتر محلول حاوی آنتی بیوتیک ها به شدت نرخ تجزیه را کاهش می دهد.
8	Wojciech و همکارانش در سال ۲۰۰۹	استفاده از نانوکامپوزیت $BiOCl/g$ - $C_3N_4/Cu_2O/Fe_3O_4$ جهت انجام فرایند فوتوکاتالیستی در راستای حذف آلاینده های محیطی	نتایج مشخص نمود که سولفونامیدها در اثر فرایند فتوکاتالیستی در حضور $TiO_2$ ، $TiO_2/FeCl_3$ و نمک های آهن سه ظرفیتی، تخریب می شود. کاتالیزور بهینه برای فرایند می تواند $FeCl_3$ باشد. براساس محصولات شناسایی میانی، یک مسیر تخریب پیشنهادی پیشنهاد شد. علاوه بر این، میزان فرآیند فتوکاتالیستی که با $FeCl_3$ انجام شده و همچنین ارتباط بین $pH$ محلول ها، غلظت اولیه سولفانیلامید و دوز $FeCl_3$ بیان شده است.

منابع

نتیجه  
گیری

بحث

نتایج

روش کار

اهداف و  
فرضیات

مقدمه

## مطالعات انجام شده در خارج کشور

ردیف	پژوهشگر	فرآیند، آلاینده	نتیجه مطالعه
9	Garoma و همکاران در سال ۲۰۱۰	حذف سولفادیازین، سولفاماتیزول، سولفامتوکسازول و سولفاتازول از محلول آبی توسط فرآیند از ناسیون	کارایی فرآیند در شرایط بهینه فرآیند ۹۹,۹ درصد بدست آمد. کارایی فرآیند با حضور یون بی کربنات با غلظت ۸ میلی مولار افزایش پیدا کرده است
10	Teik-ThyeLim و همکارانش در سال ۲۰۱۸	بررسی کارایی حذف آنتی بیوتیک سولفاستامید با افزایش تجزیه سولفات سدیم توسط فعال سازی پراکسی مونوفسفات با گرافن	فرآیند دارای کارایی بالایی در حذف آنتی بیوتیک است و در شرایط بهینه فرآیند ۹۸ درصد از غلظت اولیه آلاینده را مورد تخریب قرار می دهد.



## Studying of Co-doped g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> and modified with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> quantum dots on removing tetracycline



Zhi Zhu <sup>a</sup>, Xu Tang <sup>b</sup>, Wenqian Fan <sup>c</sup>, Zhi Liu <sup>c</sup>, Pengwei Huo <sup>a</sup>, Tianshuai Wang <sup>d</sup>,  
Yongsheng Yan <sup>a,\*</sup>, Chunxiang Li <sup>a,\*\*</sup>

<sup>a</sup> Institute of the Green Chemistry and Chemical Technology, School of Chemistry and Chemical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, 212013, PR China

<sup>b</sup> Institute for Advanced Materials, School of Materials Science, Jiangsu University, Zhenjiang, 212013, PR China

<sup>c</sup> Institute of Chemistry for Functionalized Materials, Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, Liaoning Normal University, Dalian, 116029, PR China

<sup>d</sup> School of Materials Science and Engineering Beihang University Beijing, 100191, PR China

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 20 July 2018

Received in revised form

20 September 2018

Accepted 7 October 2018

Available online 15 October 2018

#### Keywords:

Density functional theory

Co-doped

Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-QDs

Photocatalytic degradation

Oxidation-reduction centre

Quantum effect

### ABSTRACT

A new Co-doped and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> quantum dots (QDs) decorated g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (CN) photocatalyst applied in the tetracycline degradation under visible light irradiation, is designed and synthesized. The Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-QDs@Co-CN enhanced photocatalytic activity and cycling ability in comparison with individual CN significantly. It revealed a synergistic effect between the formation of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-QDs and Co-doping. Results of characterization insight into the reason that Co-doped can regulate the band gap of CN, which has been proved by XPS and density functional theory (DFT). Moreover, the oxidation-reduction centre of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-QDs with quantum effect can significantly boost the absorption of visible light and utilization electrons. Therefore, this work provides a broadening window for photo harvesting, charge using and separation during photocatalytic reactions.



## Decoration of $\text{Fe}_3\text{O}_4$ and $\text{CoWO}_4$ nanoparticles over graphitic carbon nitride: Novel visible-light-responsive photocatalysts with exceptional photocatalytic performances



Mitra Mousavi, Aziz Habibi-Yangjeh\*

*Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Mohaghegh Ardabili, P.O. Box 179, Ardabil, Iran*

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

$\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CoWO}_4$

Magnetically separable

Visible-light-responsive photocatalyst

Nanocomposite

### ABSTRACT

In this work, nanoparticles of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  and  $\text{CoWO}_4$  were decorated over graphitic carbon nitride ( $\text{g-C}_3\text{N}_4$ ) to fabricate very efficient visible-light-responsive photocatalysts through a facile refluxing-calcination method. Among the fabricated photocatalysts, the  $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CoWO}_4$  (10%) nanocomposite displayed superior activity in degradation of RhB, which is 12.5 and 11.5 times superior than the pristine  $\text{g-C}_3\text{N}_4$  and  $\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4$  photocatalysts, respectively. Additionally, exceptional performance of the ternary photocatalyst was confirmed in degradations of three organic pollutants under visible light. Higher harvesting ability of visible light and effective separation of electron/hole pairs from recombination are two main factors responsible for the observed exceptional photocatalytic activity of the ternary nanocomposite. Due to enough saturation magnetization of the ternary nanocomposite, the photocatalyst was entirely separated from the degradation system by a conventional magnet. Finally, photostability of the ternary photocatalyst during four successive runs was confirmed.



ممنون از توجه  
شما