فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال دوم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، (پیاپی ۸): صص ۶۵-۷۱

سنتز و کاربرد نانو کامپوزیت ZnO-CaO در پدافند غیرعامل

شادروان امیر امینی‌فر[۱]، عبدالرحیم بزاز[۲] و محمد سلطانی‌نژاد[۲]

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۶/۰۷

چکیده

در این تحقیق، نانوکامپوزیت ZnO-CaO به‌وسیله روش پیرولیز سل- ژل ساخته شد. مورفولوژی و ساختار نمونه‌ها به‌وسیله SEM، EDAX و XRD مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که هر ذره نانو کامپوزیت از اکسید کلسیم در مرکز ذره که به‌طور کامل توسط لایه‌های اکسید روی پوشانده‌شده ساخته شده است و قطر متوسط ذرات سنتز شده ۳۳ نانومتر است. واکنش خنثی‌سازی و جذب دی متیل متیل فسفونات (DMMP) توسط نانو کامپوزیت ZnO-CaO به‌کمک دستگاه‌های ^{31}PNMR و FT-IR مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز نشان داد که شبه‌عامل DMMP پس از گذشت مدت زمان ۲۴ ساعت به‌طور کامل در تماس با نانوکامپوزیت ZnO-CaO جذب می‌شود و ثابت سرعت واکنش در دمای محیط $4/60\times10^{-5}$ s-1 و نیمه عمر $1/51\times10^{+4}$ s-1 محاسبه شد. در این تحقیق، ثابت سرعت در دماهای مختلف به‌دست آمد و همچنین اثرات این پژوهش در پدافند غیرعامل مورد بررسی قرار گرفته است.

کلیدواژه‌ها: نانو کامپوزیت CaO-ZnO، سنتز،سل-ژل، دی متیل متیل فسفونات، پدافند غیرعامل

۱- گروه شیمی دانشگاه جامع امام حسین(ع)، E-mail:AAminifar@hotmail.com – نویسنده مسئول
۲- گروه شیمی دانشگاه جامع امام حسین(ع)

۱- مقدمه

با توجه به اهداف پدافند غیرعامل، از جمله کاهش استرس و عدم استفاده از تسلیحات نظامی[۱] و از آن جایی که تاکنون هیچ‌گونه طبقه‌بندی شیمیایی از بعد ترکیبات شیمیایی پدافند غیرعامل صورت نگرفته است، به نظر می‌رسد این پروژه از بعد پدافند غیرعامل بسیار مفید واقع شود. یکی از شاخص‌های این پروژه، استفاده از نانوکامپوزیت ZnO/CaO می‌باشد که یک عامل پدافند در رفع آلودگی بیولوژیک (آنتی میکروبی) می‌باشد[۲] و استفاده از این ترکیب برای اولین بار پیشنهاد می‌شود. امید است با این‌گونه مطالعات بتوانیم دریچه های نوینی در پدافند غیرعامل بگشاییم. با پیشرفت علم و صنعتی شدن جهان، محور تهدیدات نظامی ابرقدرت‌های استعمارگر و قدرت‌طلب، استفاده از تکنولوژی و علم در مباحث نظامی است؛ به‌همین جهت حوزه های جدیدی در بحث تهدیدات ایجاد می شود. بمب اتم و عوامل شیمیایی جنگی، بروز انفجار، آتش‌سوزی و حوادث صنعتی حوادثی هستند که در بحران‌های انسان و گاهی هم به صورت جداگانه مطرح می‌شوند. این دسته از بحران‌ها، جنگ‌ها و حوادث تروریستی هستند که موجودات زنده، انسان و محیط زیست را مورد آسیب و خطر جدی بالقوه قرار می‌دهند[۳]. این موضوع، نظر دانشمندان سراسر جهان را به خود جلب کرده است. خنثی‌سازی و رفع آلودگی این عوامل شیمیایی جهت کاهش آسیب‌پذیری و خطرات احتمالی که جزء اهداف سازمان پدافند غیرعامل می‌باشد، از حساسیت و اهمیت بالایی برخوردار است. مواد شیمیایی رفع آلودگی رایج، شامل ترکیبات هیپو کلریت، DS_2، H_2O_2 و... می‌باشند. عموماً محصولات واکنش این مواد بر محیط زیست و انسان، مناسب نمی‌باشند؛ به همین دلیل محققان را در مراکز تحقیقاتی واداشته تا در جهت جایگزینی و یا بهینه‌سازی فرمولاسیون این ترکیبات اقدام نمایند [۴-۷]... . اخیراً پیشرفت‌های عمده‌ای توسط گروه‌های پژوهشی درسراسر جهان در مورد مواد جاذب جایگزین از جمله نانوساختار صورت گرفته است. زیرا نانوساختارها از نظر بیولوژیکی کم‌خطرتر هستند و به‌دلیل داشتن سطح فعال بزرگ، کارایی چند برابری دارند. با بررسی مطالعات به‌نظر می‌آید این پژوهش در ایران منحصر به‌فرد می‌باشد؛ زیرا کاربرد ترکیبات نانو یک فرایند علمی نوین می‌باشد و ثانیاً انتخاب پیش‌ماده‌ها براساس ملاک‌هایی همچون هزینه‌ها، ایمنی، میزان دسترسی، سرعت رشد و مشکلات غیر قابل پیش‌بینی می‌باشد[۸]. این تحقیق به‌عنوان یک فرایند سیستم پدافند غیرعامل مطرح می‌شود. در این پروژه با بهره‌گیری از نانوفناوری در قالب استفاده از نانوذرات ZnO/CaO سنتز شده به روش سل- ژل، به بررسی عمل‌کرد این نانوذرات به‌منظور رفع آلودگی ناشی از عامل اعصاب و شبه عامل آن یعنی دی متیل متیل فسفونات (DMMP) و مشابه آن پرداخته شده است [۹و۱۰]. امید است دستاوردهای نهایی این پروژه در زمینه پدافند غیرعامل مثمر ثمر واقع گردد. از طرفی، اهداف کاربردی پدافند غیرعامل جهت کاهش تهدیدهای ناشی از آلودگی عوامل شیمیایی، بیولوژیک و هسته‌ای (NBC) می‌تواند شامل موارد زیر باشد:۱- رفع آلودگی در فیلترهای تصفیه هوا و آب موجود در پناهگاه‌ها و تاسیسات زیرزمینی و...، ۲- تقویت مواد رفع آلودگی و یا پوشش‌های خنثی‌کننده در چادرهای اسکان و...، ۳- تقویت سیستم‌های ردیابی و رهگیری غلظت مواد شیمیایی در سیستم‌های لوله‌کشی آب و... . بنابرین به‌نظر می‌آید استفاده از تکنولوژی نوین (نانو ترکیبات) می‌تواند در جهت ارتقاء این اهداف، مفید باشد.

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

مواد شیمیایی $Ca(NO_3)_2.4H_2O$,$Zn(NO_3)_2.6H_2O$ و پلی‌وینیل الکل (PVA) با درجه خلوص AR از شرکت Loba Chimie و اتانول با درصد خلوص ۹۹٪ از شرکت Merck، دی متیل متیل فسفونات با درصد خلوص ۹۹٪ از شرکتGerman Fluka، اسید فسفریک با درصد خلوص۸۵٪ از شرکت Japan (Keto)، اتانول با درصد خلوص۹۹٪ و کلروفرم با درصد خلوص ۹۸٪ از شرکت Merck در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

۲-۲- وسایل و دستگاه‌ها

خواص مختلف نانوکامپوزیت سنتزشده ZnO/CaO به‌وسیله تکنیک‌های SEM، XRD و EDAX مورد سنجش قرار می‌گیرد. عمل کرد نانوکامپوزیت در خنثی‌سازی شبه عامل عصبی DMMP به‌وسیله دستگاه‌های ^{31}P NMR و FTIR مورد آزمون قرار گرفت. دستگاه سانتریفیوژ، حمام التراسونیک،pH متر، کوره۱۲۰۰درجه، هیتر همزن مغناطیسی، ترازوی دیجیتال، آون، بوته‌چینی و تجهیزات مختلف آزمایشگاهی در این کار استفاده شده است.

۲-۳- سنتز نانوکامپوزیت ZnO-CaO به روش پیرولیز سل- ژل

ابتدا داخل یک ارلن ۲۰۰ میلی‌لیتری،۱۰۰ گرم از محلول آب و اتانول به نسبت وزنی ۵۰-۵۰ گرم برای تهیه حلال ریخته شد. سپس مقدار ۸۷ گرم از حلال تهیه شده داخل بوته‌چینی ریخته شد. مقدار ۲ گرم از نیترات روی با فرمول مولکولی $Zn(NO3)_2.6H_2O$ به (رنگ سبز فیروزه‌ای)، و ۲ گرم نیز از کلسیم نیترات با فرمول مولکولی $Ca(NO3)_2.4H_2O$ (سفیدرنگ) به محلول حاصل اضافه شد. محلول را به‌هم زده تا نمک‌ها حل شوند. پس از حل شدن نمک‌ها و تهیه یک محلول شفاف، مقدار ۹ گرم پلی وینیل الکل

(PVA) به محلول افزوده شد. نمونه مورد نظر به مدت یک ساعت توسط یک همزن مغناطیسی به ملایمت هم‌زده شد و در حین هم‌زدن، دما به‌تدریج افزایش یافت تا اینکه در نهایت در دمای $80^{o}C$ محلول شروع به غلیان نمود. در این حالت ژل کاملا یکنواختی به‌دست آمد. ژل حاصل در دمای محیط سرد شده سپس برای انجام عمل کلسیناسیون در کوره با دماهای ۵۰۰، ۶۰۰ و $700^{o}C$ به مدت ۱۶ ساعت قرار داده شد. پس از گذشت ۱۶ ساعت، پودر سفید متمایل به زرد کمرنگ حاصل شد. این پودر، نانوکامپوزیت ZnO-CaO است.

۲-۴- تهیه محلول شاهد اسید فسفریک ۰/۰۳ مولار

برای تهیه شاهد از اسید فسفریک ۸۵٪ با دانسیته ۱/۵ گرم بر میلی‌لیتر استفاده شد. ابتدا ۰/۰۵ میلی‌لیتر از اسیدفسفریک ۸۵٪ را در داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری به حجم می‌رسانیم. سپس درون لوله مویین ریخته و سر لوله مویین را به‌وسیله حرارت می‌بندیم.

۲-۵- تهیه محلول ۰/۰۳ مولار دی متیل متیل فسفونات (DMMP)

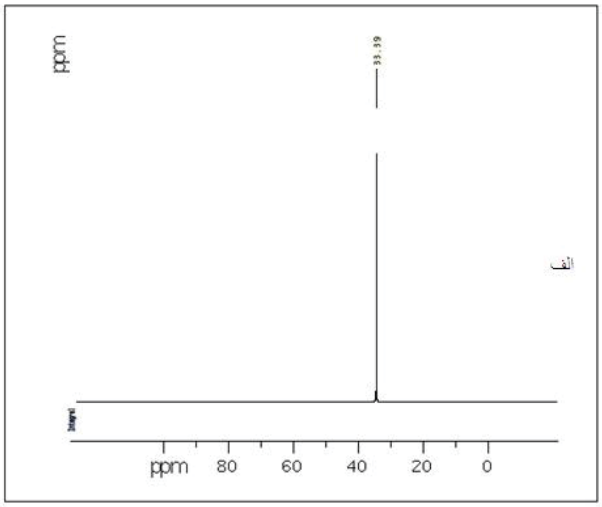
مقدار ۰/۰۳۷۲ (۳۷ میکرولیتر از DMMP) را داخل بالن ژوژه ۱۰ میلی‌لیتری ریخته و با حلال کلروفرم به حجم می‌رسانیم. سپس از این محلول طیف ^{31}PNMR گرفته و با طیف اصلی مقایسه می‌کنیم. شکل (۱- الف) و (۱- ب) بیانگر این موضوع است که پس از رقیق شدن در کلروفرم اتفاقی رخ نداده زیرا هیچ‌گونه جابه‌جایی طیف نداریم و طیف در یک نقطه ظاهر شده است.

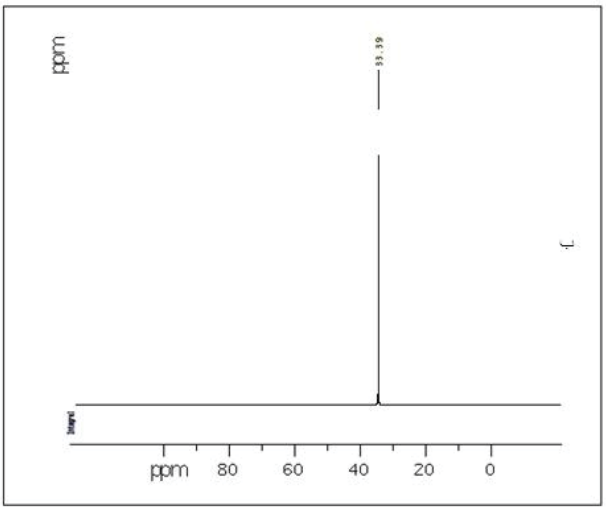
۳- بحث و نتایج

۳-۱- نتایج آزمایشات مربوط به سنتز نانوکامپوزیت ZnO-CaO به‌روش سل- ژل

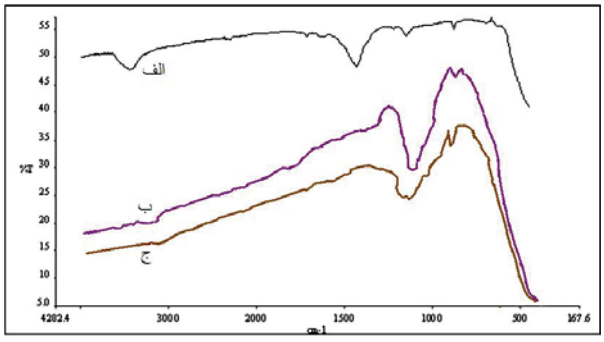
۳-۱-۱- نتایج به‌دست آمده از بررسی ساختاری ذرات به‌وسیله تکنیک FT-IR

طیف‌های FT-IR نمونه‌های سنتز شده در دماهای مختلف در شکل (۲) نشان داده شده است. پیک‌های تشکیل شده در $2350\ cm^{-1}$ و $1630\ cm^{-1}$ مربوط به‌گونه‌های CO_2 و H_2O جذب شده در سطح نانوذرات می‌باشد. باند جذبی قوی تشکیل شده در $450\ cm^{-1}$ نیز مربوط به پیوند Zn–O و Ca–O می‌باشد. پیک‌های تشکیل شده در $1350\ cm^{-1}$ و $890\ cm^{-1}$ که مربوط به ارتعاشات پیوندهای C-H و C-C می‌باشند ناشی از ناخالصی‌های آلی موجود در نمونه‌های سنتز شده است. باند جذبی پهن تشکیل شده در حوالی $3450\ cm^{-1}$ مربوط به ارتعاش کششی گروه هیدروکسیل جذب شده است که به‌تدریج با افزایش دما ضعیف‌تر می‌شود.





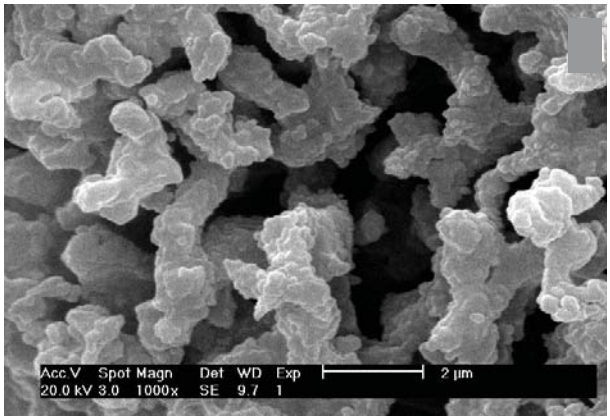
شکل ۱- (الف) طیف ^{31}PNMR ماده ارگانو فسفره (DMMP) استفاده شده در آزمایش و شکل (ب) طیف ^{31}PNMR محلول ۰/۰۳ مولار ارگانو فسفره (DMMP) استفاده شده در حلال کلروفرم.



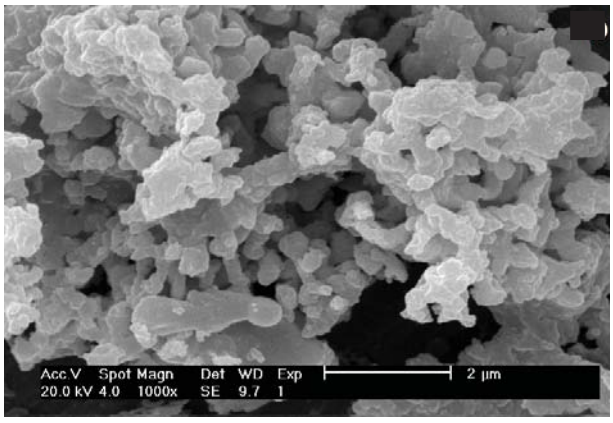
شکل ۲- طیف‌های FT-IR نمونه‌های سنتز شده در دماهای $500^{\circ}C$ (الف)، $600^{\circ}C$ (ب) و $700^{\circ}C$ (ج).

۳-۱-۲- نتایج به‌دست آمده از بررسی مورفولوژی ذرات به‌وسیله ریزنگارهای SEM

ریزنگارهای SEM با بزرگنمایی‌های مختلف نمونه‌های سنتز شده در دماهای ۵۰۰°C و ۷۰۰ °C در شکل (۳- الف) و شکل (۳-ب) نشان داده شده است. این ریزنگارها نشان می‌دهند که با افزایش دما، اندازه ذرات بزرگ‌تر شده و ذرات از حالت کروی در ۵۰۰ °C به میله‌ای در ۷۰۰ °C تغییر فرم می‌دهند. ذرات سنتز شده در دمای ۵۰۰ °C دارای اندازه ذره در گستره ۵۰-۷۰ نانومتر، ذرات سنتز شده در دمای ۷۰۰ °C دارای قطر تقریبی ۱۲۰ نانومتر و طول یک تا چند میکرومتر می‌باشند.



(الف)

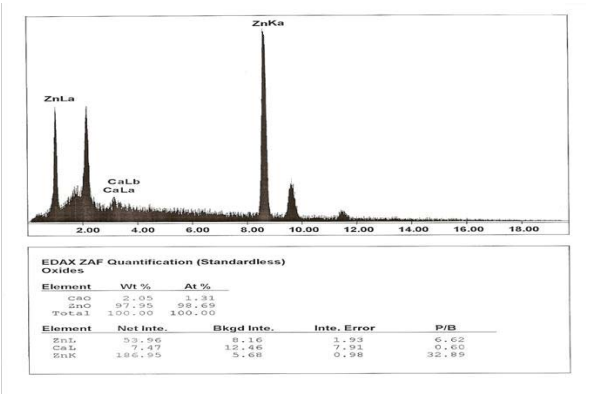


(ب)

شکل ۳- ریز نگارهای SEM نانوکامپوزیت ZnO-CaO سنتز شده در (الف) ۵۰۰ °C و (ب) ۷۰۰ °C با بزرگنمایی ۱۰۰۰۰.

۳-۱-۳- نتایج به‌دست آمده از آنالیز نانوذره ترکیبی ZnO-CaO به وسیله تکنیک EDAX

الگوهای EDAX نمونه سنتز شده در شکل (۴) نشان داده شده است. درصد فاز تقویت‌کننده (CaO) در نانوکامپوزیت ZnO-CaO در دمای ۶۰۰C° شامل ۲/۰۵ درصد وزنی CaO می‌باشد.



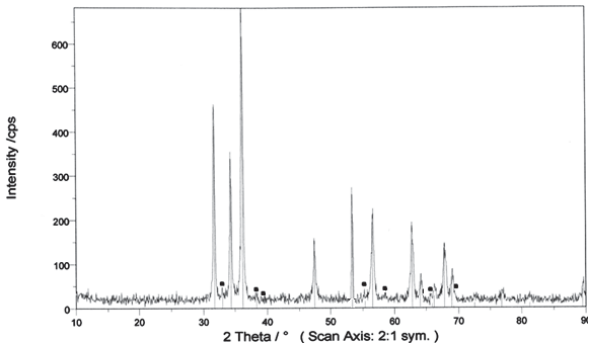
شکل ۴- الگوهای EDAX نانوکامپوزیت ZnO-CaO سنتز شده در ۶۰۰ °C.

۳-۱-۴- نتایج به‌دست آمده از بررسی کریستالوگرافی نانوذرات به وسیله تکنیک XRD

الگوی XRD نانوکامپوزیت سنتز شده در دمای ۶۰۰ °C که در شکل (۵) نمایش داده شده است، نشان‌دهنده تشکیل پیک‌های CaO (مشخص‌شده با نقاط سیاه‌رنگ) است که بیانگر تشکیل نانوبلورهای CaO در فاز مکعبی وجوه مرکز پر(FCC) می‌باشد. علاوه براین، تشکیل پیک‌های مربوط به ذرات ZnO حاکی از تبلور نانوبلورهای ZnO در فاز ورتزیت یا هگزاگونال می‌باشد. قطر متوسط ذرات با استفاده از معادله دبای – شرر [۱۱] قابل محاسبه می‌باشد. این معادله را می‌توان به صورت زیر مطرح نمود:

$$d = \frac{0.94\,\lambda}{\beta\cos\theta}$$ معادله (۳-۱)

در این معادله، λ طول موج اشعه X مورد استفاده در دستگاه که در اینجا معادل ۰/۱۵۴ نانومتر می‌باشد، β پهنای پیک در نصف ارتفاع آن می‌باشد که به صورت FWHM بیان می‌شود و θ زاویه پراش می‌باشد. محاسبه قطر متوسط ذرات با استفاده از رابطه دبای- شرر برابر با ۳۳ نانومتر محاسبه شد.

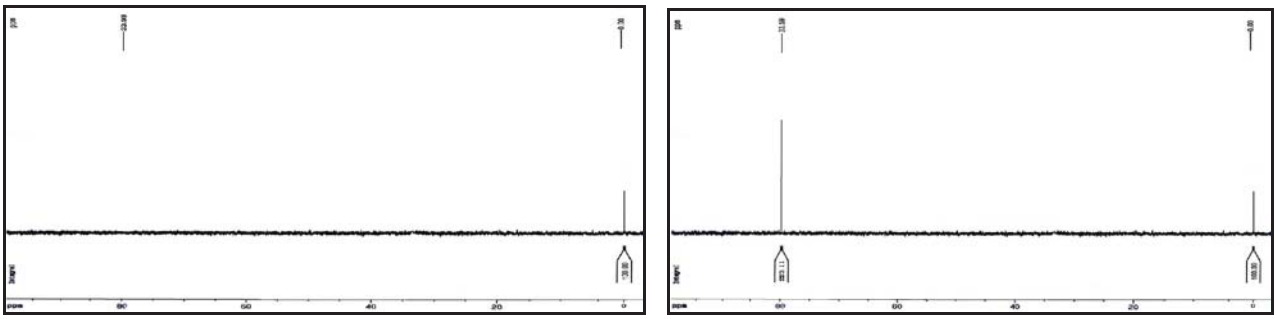


شکل ۵- الگوی XRD نانوکامپوزیت ZnO-CaO سنتز شده در دمای ۶۰۰ °C.

۳-۲- آزمایشات مربوط به جذب شبه‌عامل DMMP و محاسبه ثابت سرعت

۳-۲-۱- نتایج آزمایشات مربوط به بررسی جذب شبه‌عامل دی متیل متیل فسفونات به‌وسیله نانوکامپوزیت ZnO-CaO سنتز شده با روش سل-ژل با استفاده از تکنیک ^{31}PNMR

بررسی واکنش نانوکامپوزیت ZnO-CaO با شبه‌عامل دی متیل متیل فسفونات در دمای محیط به‌وسیله تکنیک ^{31}PNMR (شکل‌های (۶) و (۷) و جدول (۱)) نشان داد که این نانوکامپوزیت قابلیت نسبتاً مناسبی برای جذب دی متیل متیل فسفونات در شرایط محیطی را دارا است؛ به‌طوری‌که پس از گذشت مدت زمان ۲۴ ساعت ۱۰۰٪ دی متیل متیل فسفونات در تماس با نانوکامپوزیت جذب می‌شود.

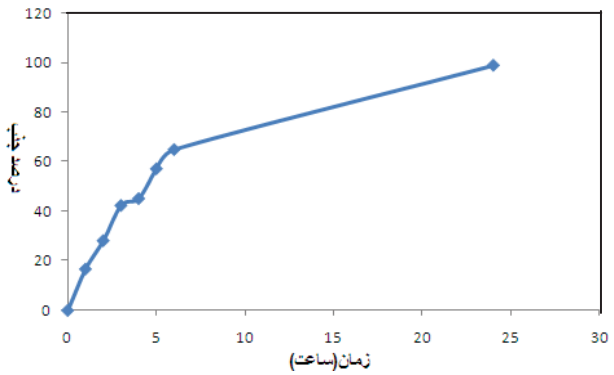


(ب) (الف)

شکل ۶- نتایج آزمایش ترکیب DMMP با نانوکامپوزیت ZnO-CaO به روش سل-ژل با نسبت مولی ۱:۴۰ در زمان‌های صفر (الف) و ۲۴ ساعت (ب)

جدول ۱- میزان کاهش غلظت دی متیل متیل فسفونات در برهمکنش با نانوکامپوزیت ZnO-CaO سنتز شده به روش سل-ژل با نسبت مولی ۱:۴۰ در زمان‌های مختلف.

ردیف	زمان(ساعت)	غلظت (DMMP) بعد از آزمایش (مولار)	مقدار انتگرال زیر پیک نمونه به انتگرال شاهد	درصد جذب (DMMP) توسط کامپوزیت ZnO-CaO
۱	۰	۰/۰۳	۲۲۳/۱۱	۰
۲	۱	۰/۰۲۴۹	۱۸۵/۸۲	۱۶/۷۱
۳	۲	۰/۰۲۱۵	۱۶۰/۲۱	۲۸/۱۹
۴	۳	۰/۰۱۷۲	۱۲۸/۵۱	۴۲/۴۰
۵	۴	۰/۰۱۶۴	۱۲۲/۳۰	۴۵/۱۸
۶	۵	۰/۰۱۲۷	۹۴/۵۷	۵۷/۶۱
۷	۶	۰/۰۱۰۵	۷۸/۱۳	۶۴/۹۸
۸	۲۴	۰	۰	۱۰۰



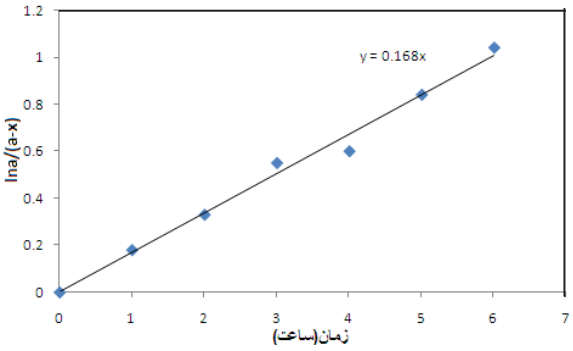
شکل ۷- منحنی میزان کاهش غلظت DMMP در برهمکنش با نانو کامپوزیت ZnO-CaO سنتز شده به روش سل- ژل با نسبت مولی ۱:۴۰ در زمان‌های مختلف

۳-۲-۳- محاسبه ثابت سرعت و نیمه‌عمر واکنش

همان‌طور که از نمودار رسم شده در شکل (۸) دیده می‌شود واکنش از رابطه سرعت مرتبه اول تبعیت می‌کند:

شیب نمودار در این آزمایش برابر است با ۰/۱۶۸ که برابر ثابت سرعت (k) بر حسب 1/h می‌باشد که با تقسیم بر ۳۶۰۰ به 1/s تبدیل می‌شود:

$k = ۰/۱۶۸(1/h)$ با تقسیم این مقدار بر ۳۶۰۰ برابر $k = ۴/۶ \times ۱۰^{-۵}\ s^{-1}$



شکل ۸- منحنی ln a/(a-x) بر حسب زمان.

۳-۲-۴- محاسبه نیمه‌عمر واکنش

$T_{1/2}=0.693/k=0.693/4.6\times10^{-5}=1.5065\times10^{-4}s$

با توجه به طیف‌های $^{31}PNMR$ این آزمایش‌ها و توجه به این نکته که هیچ‌گونه جابه‌جایی پیکی دیده نمی‌شود و تنها غلظت کاهش می‌یابد می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که این آزمایش از نوع برهمکنش جذب سطحی است.

۳-۳- مقایسه اثر دماهای مختلف در پیشرفت واکنش

۳-۳-۱- آزمایشات مربوط به بررسی نقش دما در واکنش شبه‌عامل عصبی ارگانو فسفر دی متیل متیل فسفونات به‌وسیله نانوکامپوزیت ZnO-CaO (سنتز شده به روش سل-ژل)

به علت اینکه کشور ما از نقطه نظر جغرافیایی متفاوت است، اختلاف دمای زیادی را در چهارگوشه کشور شاهد هستیم و ما در این آزمایش از محدوده دمایی ۱۵ و ۴۵ ^{o}C استفاده کردیم و نتایج حاصله را از محدوده زمانی صفر الی ۶ ساعت برای هر دما به‌دست آوردیم.

طبق نتایج جدول (۳) ثابت سرعت و زمان نیمه‌عمر واکنش تخریب DMMP به‌وسیله نانوکامپوزیت، ZnO-CdO با افزایش دما افزایش می‌یابد.

جدول ۲- مقایسه جذبDMMP در دماهای مختلف را نشان داده است و مشاهده می‌شود با بالا رفتن دما، سرعت جذب افزایش می‌یابد.

زمان(ساعت)	دمای ۱۵ درجه سانتیگراد		دمای ۴۵ درجه سانتیگراد	
	غلظت DMMP بعد از آزمایش(M)	درصد جذب (DMMP) توسط کامپوزیت ZnO-CaO	غلظت DMMP بعد از آزمایش(M)	درصد جذب (DMMP) توسط کامپوزیت ZnO-CaO
۰	۰/۰۳	۰	۰/۰۳	۰
۱	۰/۰۲۷۰	۹/۹۲	۰/۰۱۹۴	۳۵/۲۰
۲	۰/۰۲۳۸	۲۰/۳۳	۰/۰۱۵۲	۴۹/۰۱
۳	۰/۰۲۲۳	۲۵/۴۹	۰/۰۱۱۰	۶۳/۱۷
۴	۰/۰۲۰۶	۳۱/۲۸	۰/۰۰۶۹	۷۶/۷۸
۵	۰/۰۱۸۳	۳۹/۹۹	۰/۰۰۴۹	۸۳/۴۳
۶	۰/۰۱۳۵	۴۷/۶۸	۰/۰۰۴۰	۸۶/۶۴

جدول ۳- ثابت سرعت و زمان نیمه‌عمر واکنش تخریب DMMP به وسیله نانوکامپوزیت ZnO-CdO در دماهای ۱۵ و ۴۵ درجه سانتیگراد.

نیمه‌عمر واکنش (s)	ثابت سرعت (s^{-1})	دما (°C)
$۲/۵۴۷ \times ۱۰^{+۴}$	$۲/۷۲ \times ۱۰^{-۵}$	۱۵
$۷/۳۷ \times ۱۰^{+۳}$	$۹/۴ \times ۱۰^{-۵}$	۴۵

۴- نتیجه‌گیری

کاهش آسیب‌پذیری و خطرات احتمالی موجودات زنده، محیط زیست و انسان به‌عنوان اهداف پدافند غیرعامل در حوادث را با مهندسی کاربرد نانوکامپوزیت ZnO/CaO می‌توان فراهم نمود و همچنین می‌توان با استفاده از این نانوترکیبات، تدابیر دفاعی و راهبردهایی در زمینه مدیریت بحران‌های نوین اندیشید. استفاده از نانوکامپوزیت ZnO/CaOجهت رفع آلودگی و خنثی‌سازی عوامل شیمیایی جنگی در پدافند سخت، نشان می‌دهد که واکنش از نوع مرتبه اول بوده و سرعت جذب DMMP با افزایش دما رابطه مستقیم دارد. سنتز نانوکامپوزیت ZnO/CaO در مقایسه با نانو کامپوریت‌های دیگر (ZnO/CdO) تهیه شده به روش سل-ژل مورد استفاده در جذب شبه‌عامل DMMP به دلیل غیر سمی بودن و هزینه‌ها، ایمنی، میزان دسترسی و مشکلات غیرقابل پیش‌بینی متفاوت است. آماده‌سازی و آموزش مباحث نوین علمی، برنامه‌سازی و آمادگی سازمانی و سیستم به‌عنوان پدافند نرم، در این پژوهش مطرح می‌شود.

مراجع

۱. ابهری، مریم؛ موحدی نیا، جعفر، اصول و مبانی پدافند غیرعامل و درآمدی برکاربری GIS، ویرایش پنجم، (**۱۳۸۹**).

2. Singh, B., Saxena, A., Nigam, A.K., Ganesan, K., Pandey, P., "Impregnated Silica Nanoparticles for the Reactive Removal of Sulphur Mustard from Solutions", J. Hazard. Mater. Vol. 161, pp 933–940, (**2009**).

۳. صفا، پیمان؛ استحکامات و سازه‌های ایمن، انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر، چاپ اول، (**۱۳۸۶**).

4. Tomchenko, A.A., Harmer, G.P., Marquis, B.T., "Detection of Chemical Warfare Agents using Nanostructured, Metal Oxide Sensors", Sens. Act. B, Vol. 108, pp 41–55, (**2005**).

5. Calestani, D., Zha, M., Mosca R., Zappettini, A., Carotta, M.C., Natale, V.D., Zanotti, L., " Growth of ZnO Tetrapods for Nanostructure-Based Gas Sensors", Sens. Act. B, Vol. 144, pp 472–478, (**2010**).

6. Kourtidis, K., Kelesis, A., Petrakakis, M., "Hydrogen Sulfide (H2S) in Urban Ambient Air", Atmospheric Environ. Vol. 42, pp 7476–7482, (**2008**).

7. Liu, F.T., Gao, S.F., Pei, S.K., Tseng, S.C., Liu, C.H.J., "ZnO Nanorod Gas Sensor for NO2 Detection", J. Tai. Ins. Chem. Eng., Vol. 40 528–532, (**2009**).

۸. موسسه نوآوران کاتالیست، اکسید روی، نشر فروزش، چاپ اول، (**۱۳۸۶**).

9. Koper O., Klabunde K.J., Martin L.S., Knappenberger K.B., Hladky L.L., Decker S.P., "Reactive Nanoparticles as Destructive Adsorbents for Biological and Chemical Contamination", US Pat. No. 0102136 A1, (**2008**).

10. Koper O., Klabunde K.J., Martin L.S., Knappenberger K.B., Hladky L.L., Decker S.P., "Method for Biological and Chemical Contamination", US Pat. No. WO 01/78506 A1, (**2008**).

11. Moballegh A., Shahverdi H.R., Aghababazadeh R., Mirhabibi A.R., "ZnO Nanoparticles Obtained by Mechanochemical Technique and the Optical Properties", Surf. Sci. Vol. 601, pp 2850-2854, (**2007**).

Synthesis and Application of ZnO-CaO Nanocomposite on Passive Defense

A. Aminifar[1]

A. Bazaz[1]

M. Soltaninezhad[1]

Abstract

In this investigation CaO-ZnO nanocomposite has been fabricated by a sol-gel pyrrolysis method. The morphology and the structure of samples have been studied by SEM, EDX & XRD. The obtained results show, each particle of nanocomposit has been made of a CaO core which is completely covered by ZnO layers. The average diameter of synthesized nanocomposites calculated 33 nm. The decontamination reaction of dimethylmethyl phosphonate (DMMP) by ZnO-CaO nanocomposites have been studied by ^{31}PNMR and FTIR techniques. Results of this research show, DMMP is decontaminated perfectly by ZnO-CaO nanocomposites after 24 hours and rate constant of decontamination reaction at room temperature have been calculated 4.60×10^{-5} s^{-1} and half life has found $1.51\times 10^{+5}$ s^{-1}. Rate constant has been investigated at different temperatures and the effects of this research on passive defense have also undergone investigated.

Keys Words: *CaO-ZnO Nanocomposite, Sol-gel, Dimethylmethyl Phosphonate, Synthesis, Passive Defense*

1- Department of Chemistry, Faculty of Science, Imam Hossein Comprehensive University (Email: AAminifar@hotmail.com)