

تهیه و تعیین ویژگی‌های یک نانو کامپوزیت نوین نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) و بررسی رهایش دارویی آن

هوشنگ حمیدیان*⁺، سمیه علی بیگی، طیبه توکلی

گروه شیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

سامیه فزونی

بخش شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده: امروزه در پزشکی و دارورسانی از نانوکامپوزیت‌های پایه پلیمری استفاده می‌شود در این بین نانوکامپوزیت‌های غیر سمی، سازگار با محیط زیست و دارای ویژگی‌های ویژه در رهایش دارو از اهمیت به‌سزایی برخوردار هستند. در این پژوهش مقداری نانو کامپوزیت‌های نوین بر پایه پلی استر با استفاده از نانو ذره‌های نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) تهیه شد. ساختار و ریخت شناسی این نانو کامپوزیت‌ها با استفاده از طیف‌های FT-IR، XRD، DLS و FE-SEM بررسی شد. طیف‌های FT-IR تشکیل آلیاژ پلیمری و نانو کامپوزیت را تأیید می‌کنند. تصاویر SEM نشان می‌دهند که نانو ذره‌های نقره در ماتریس پلیمری پخش شده‌اند. میزان جذب آب و انتشار دارویی این نانو کامپوزیت‌ها بر اساس مقدارهای گوناگون از نانو ذره‌های نقره بررسی شد. آلیاژ پلیمری نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) بیشترین مقدار تورم را داشت و همچنین بارگیری و رهایش دارو در نانو کامپوزیت‌ها به‌طور تقریبی با افزایش مقدار نانو ذره‌های نقره کاهش یافته است. نانو کامپوزیت نوین هم به دلیل داشتن ذره‌های نانو نقره که ویژگی ضد میکروبی و دارویی دارد و هم به دلیل رهایش ویژه می‌تواند به عنوان یک حامل مؤثر دارویی باشد.

واژه‌های کلیدی: نانو کامپوزیت؛ نشاسته؛ پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)؛ نانو ذره‌های نقره؛ انتشار دارو.

KEYWORDS: Nanocomposite; Starch; Poly(diphenyl sulfonyl phthalate); Silver nanoparticles; Drug delivery.

مقدمه

بافت‌های هدف و آسیب کمتر به سایر بافت‌ها می‌باشد (چوموکا و همکاران^(۱)، سیلوا و همکاران^(۲)) [۱ و ۲]. پلیمرهای تقویت شده با استفاده از مواد آلی و معدنی در مقیاس نانومتری، منجر به تشکیل نانو کامپوزیت‌های پایه پلیمری با قدرت بالا، و زن کم،

یکی از ویژگی‌های فناوری نانو، درمان انسان و حیوان با استفاده از سامانه‌های خاص انتشار دارو است. برای این منظور، دارو بر روی سامانه حامل بارگیری شده و سپس به صورت کنترل شده در بدن رها می‌شود و برتری این فناوری تأثیر بیش‌تر دارو بر روی

*عقد دار مکاتبات

+E-mail: h_hamidian@pnu.ac.ir

(۱) Chomoucka J. et al

(۲) Silva A.R. et al

در این پژوهش، یک نانو کامپوزیت نوین با استفاده از نانو ذره‌های نقره، پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) و نشاسته تهیه شده است؛ درحالی که در کار گذشته از نانو ذره‌های مگنتیت و پلیمر سنتزی پلی اتیلن فتالات و نشاسته به عنوان پلیمر زیستی استفاده شده بود (حمیدیان^(۱۱) و همکاران) [۱۶]. بعد از تهیه آلیاژ پلیمری پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) - نشاسته و همچنین سنتز نانو کامپوزیت جدید نقره/نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) و بررسی ساختار آن‌ها، میزان تورم و بارگیری و رهایش دارویی این مواد در محیط بافری همانند بدن انسان بررسی شده است (بردجی و همکاران) [۱۲].

بخش تجربی

مواد شیمیایی و دستگاههای مورد استفاده

تیاوره، نقره نیترات، سدیم هیدروکسید، بیس ۴-(هیدروکسی فنیل) سولفون، سدیم استات، فسفو تنگستیک اسید هیدرات (۲۴ آبه)، فتالویل دی کلرید و پتاسیم دی هیدروژن فسفات (درجه خلوص ۹۸٪) فراورده‌های شرکت مرک آلمان، پودر نشاسته فراورده‌ی ایران صنایع غذایی دلچسب کرمان، مورد استفاده قرار گرفتند.

طیف پراش پرتو ایکس (XRD) توسط دستگاه مدل EQUINOX 2000، طیف‌های FT-IR از نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل Bruker tensor 2، طیف UV-Vis با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل SINTRA-GBC6، پراکندگی نوری دینامیکی (DLS) توسط دستگاه مدل Brok Heaven 90 Plus انجام شد. در این پژوهش از دستگاه شیکر مدل IKAKS130 استفاده شده است.

روش تهیه ذره‌های نانو نقره - نشاسته

در یک بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری ۱ گرم تیو اوره به ۶۰ میلی‌لیتر از محلول‌های نقره نیترات با غلظت‌های گوناگون (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۴ مولار) افزوده شد. سپس ۸ میلی لیتر سود ۲ مولار و ۱۰ گرم نشاسته

پایداری گرمایی بالا، رسانایی الکتریکی بالا و مقاومت شیمیایی می‌شوند. کامپوزیت‌های پلیمری نقره به دلایل بسیاری از جمله رسانایی الکتریکی، ویژگی‌های ضد میکروبی، نوری و کاتالیزی مورد استفاده قرار گرفته اند (چوی^(۱)، هان^(۲) و همکاران^(۳))، حسن و همکاران^(۴) [۵ - ۳]. کارایی بالا نانو کامپوزیت‌های پلیمری نقره به اندازه نانو ذره‌ها در شبکه پلیمری بستگی دارد. از سوی دیگر نانو ذره‌های نقره باید به خوبی در شبکه پلیمری پراکنده شوند. انباشتگی نانو ذره‌های نقره باعث می‌شود ویژگی‌های نانو ذره‌های نقره کاهش یابد (حسن و همکاران^(۴))، لی و همکاران^(۵)، موریس و همکاران^(۶) [۸ - ۶]. هیدرژل‌های پلیمری می‌توانند مقدارهای زیاد از آب را درون ساختار سه بعدی خود نگه دارند. مقدار آب در هیدرژل از ده درصد تا چندین برابر ژل خشک متغیر است. نانو کامپوزیت‌های پلیمری نقره بر مبنای پلیمرهای زیستی که ظرفیت بالایی در جذب آب دارند، به دلیل داشتن ویژگی‌های مکانیکی، زیستی، شیمیایی و فیزیکی و عامل‌های غیرسمی در پزشکی و صنعت دارویی کاربرد پیدا کرده اند (ردی و همکاران^(۷))، موهان و همکاران^(۸)، نوبخت و همکاران^(۹) [۱۱ - ۹]. در سال‌های اخیر، نانو ذره‌های نقره به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند رسانایی، فعالیت کاتالستی، پایداری شیمیایی و گرمایی بالا، فعالیت ضد باکتری، غیرسمی بودن و سازگاری با محیط زیست مورد توجه قرار گرفته‌اند (بردجی و همکاران^(۱۰)) [۱۲]؛ نانو ذره‌های فلزی به دلیل داشتن ویژگی‌های نوری غیر خطی، فعالیت کاتالستی و الکترونی، کاربردهای وسیعی در زمینه‌ی کاتالستی، ابزارهای نوری پیدا کرده‌اند. نانو ذره‌های نقره به عنوان یک فراورده مهم در فناوری نانو از احیای نمک‌های نقره به دست می‌آیند (معادی و همکاران^(۱۱)) [۱۳]. هترو پلی اسیدها (HPAs) ترکیب‌های معدنی هستند که دارای کاتیون‌های فلزی مانند W (VI)، Nb (V)، Ta (V)، V (V) و Mo (VI) می‌باشند. از جمله این ترکیب‌ها می‌توان به فسفوتنگستیک اسید هیدرات H₃PW₁₂O₄₀ اشاره کرد که فعالیت ضدتوموری و ضدویروسی دارد (جاویدی و همکاران^(۱۰))، مارکوویچ و همکاران^(۱۱) [۱۴، ۱۵].

(۱) Choi S.H. et al

(۲) Han S.J. et al

(۳) Hassan M. et al

(۴) Hassan M. et al

(۵) Lee Y.R. et al

(۶) Morris E.A. et al

(۷) Reddy K.R. et al

(۸) Mohan Y.M. et al

(۹) Bardajee G.R. et al

(۱۰) Javidi J. et al

(۱۱) Uskoković-Marković S. et al

(۱۲) Hamidian H. et al

با غلظت‌های گوناگون نقره وزن و در کیسه چای قرار داده شد و در صد میلی‌لیتر محلول بافر فسفات با pH هفت و چهار دهم در دمای ۳۷ درجه سلسیوس فرو برده شد. سپس در بازه‌های زمانی هر ۵ دقیقه کیسه چای دارای نانو کامپوزیت پس از تکان دادن (برای حذف محلول فزونی) وزن شد تا زمانی که وزن کیسه چای ثابت ماند. همین کار با آب مقطر نیز تکرار شد. میزان تورم با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد برده‌گی و همکاران^(۱)، حمیدیان و همکاران^(۲) [۱۶، ۱۲]:

$$(۱) \quad \text{وزن ژل خشک شده} - \text{وزن ژل متورم شده} = \text{جذب آب} \\ \text{وزن ژل خشک شده}$$

بارگیری فسفو تنگستیک اسید هیدرات در نانو کامپوزیت و آلیاژ پلیمری

۱ گرم از آلیاژ پلیمری نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) یا نانو کامپوزیت نقره/ نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) پس از قرار دادن در کیسه چای، در صد میلی لیتر محلول آبی ده درصد وزنی از فسفو تنگستیک اسید هیدرات فرو برده شد (W_a) و به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه بر روی همزن مغناطیسی قرار گرفت. برای حذف فسفو تنگستیک اسید هیدرات اضافی از سطح آلیاژ پلیمری یا نانو کامپوزیت، سطح پاکت چای با آب دو بار تقطیر شسته شد. سپس در دمای پنجاه درجه سلسیوس در آون خشک شد. آلیاژ پلیمری یا نانو کامپوزیت خشک شده وزن شد (W_b). ظرفیت بارگیری با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد برده‌گی و همکاران [۱۲]:

$$(۲) \quad \text{ظرفیت بارگیری دارو (\%)} = \frac{W_b - 1}{W_a} \times 100$$

بررسی انتشار دارو

بافر فسفات ۰/۱ مولار با حل کردن ۳/۴ گرم از دی پتاسیم هیدروژن فسفات در آب مقطر و تنظیم pH در ۷/۴ آماده شد. انتشار داروی فسفو تنگستیک اسید هیدرات توسط فرو بردن ۰/۰۱ گرم از نانو کامپوزیت یا آلیاژ پلیمری دارای دارو در ۵۰ میلی لیتر بافر فسفات در دمای ۳۷ درجه سلسیوس انجام شد. در فواصل زمانی هر ۱۰ دقیقه ۴ میلی‌لیتر از محلول برداشته شد و پس از صاف کردن، مقدار رهایش فسفو تنگستیک اسید هیدرات توسط

به محلول‌های بالا اضافه و در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه بر روی هم زن مغناطیسی قرار داده شد. سرانجام، مخلوط نقره - نشاسته درون ماکروویو با توان ۶۰ درصد و زمان ۲ دقیقه گذاشته شد. در حضور تیو اوره در محیط بازی یون‌های نقره به نانو ذره‌های نقره کاهش پیدا کردند. سپس محلول صاف شده به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۵۰ درجه سلسیوس خشک شد.

روش سنتز پلی استر پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)

در یک لوله آزمایش ۲ میلی‌لیتر فتالویل دی کلرید به ۰/۰۵ گرم سدیم استات و ۰/۷۵ گرم بیس (۴ - هیدروکسیل فنیل) - سولفون افزوده شد و در دمای ۱۴۰ تا ۱۸۰ درجه سلسیوس گرما داده شد. مخلوط موجود در لوله آزمایش بر اثر گرما به‌طور کامل ذوب شد و پس از گذشت یک دقیقه، پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) تشکیل شد.

روش تهیه آلیاژ پلیمری نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)

در یک لوله آزمایش ۱ گرم از نشاسته به محلول پلی استری ذوب شده موجود در لوله آزمایش افزوده شد، پس از به جوش آمدن محلول و انجام کامل واکنش، آلیاژ پلیمری نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) به دست آمد. آلیاژ پلیمری به دست آمده پس از شستشو با آب مقطر، در دمای ۵۰ درجه سلسیوس برای خشک شدن درون آون قرار داده شد.

روش سنتز نانو کامپوزیت‌های نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)

در یک لوله آزمایش ۱ گرم از ترکیب نشاسته دارای نانو ذره‌های نقره با غلظت‌های گوناگون به محلول پلی استری ذوب شده موجود در لوله آزمایش افزوده شد. پس از به جوش آمدن محلول و انجام کامل واکنش، نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) با غلظت‌های گوناگون نانو ذره‌های نقره به دست آمد. نانو کامپوزیت به دست آمده پس از شستشو با آب مقطر، در دمای ۵۰ درجه سلسیوس برای خشک شدن درون آون قرار داده شد (جدول ۱).

جذب آب توسط آلیاژ پلیمری نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)

و نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)

یک گرم از آلیاژ پلیمری نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) یا نانو کامپوزیت نقره/ نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)

(۱) Bardajee G.R. et al

(۲) Hamidian H. et al

جدول ۱- ترکیب آلیاژ پلیمری و نانو کامپوزیت های نوین.

ردیف	نوع نانو کامپوزیت	غلظت نقره نیترات مورد استفاده (مولار)	درصد وزنی پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)	درصد وزنی نشاسته	درصد وزنی نانو ذره‌های نقره
۱	آلیاژ پلیمری	۰/۰	۶۴/۲۳	۳۵/۷۷	۰/۰۰
۲	نانو کامپوزیت ۱	۰/۱	۶۴/۰۹	۳۵/۶۸	۰/۲۳
۳	نانو کامپوزیت ۲	۰/۲	۶۳/۹۴	۳۵/۶۰	۰/۴۶
۴	نانو کامپوزیت ۳	۰/۳	۶۳/۷۹	۳۵/۵۲	۰/۶۹
۵	نانو کامپوزیت ۴	۰/۴	۶۳/۶۴	۳۵/۴۴	۰/۹۲

بررسی تورم نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) و آلیاژ پلیمری

جذب آب نانو کامپوزیت با غلظت‌های گوناگون از نانو ذره‌های نقره در آب دو بار تقطیر و محلول بافری با pH هفت و چهار دهم بررسی شده است. شکل ۲ ظرفیت جذب آب آلیاژ پلیمری و نانو کامپوزیت با مقادیرهای متفاوت از نانو ذره‌های نقره در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۵۰ دقیقه در محلول بافر را نشان می‌دهد. از بررسی نمودار جذب آب می‌توان نتیجه گرفت که آلیاژ پلیمری بدون نانو ذره‌های نقره بیشترین مقدار جذب آب و نانو کامپوزیت با غلظت سه دهم و چهار دهم مولار نقره نیترات کمترین مقدار جذب آب را دارند و این دو اختلاف چندانی ندارند. افزایش جذب آب آلیاژ پلیمری بدون نانو ذره‌های نقره ممکن است به دلیل وجود فضای آزاد بیشتر در شبکه هیدروژلی پلیمری باشد. نتیجه‌ها نشان داده اند که جذب آب در محلول بافری و آب دو بار تقطیر همانند هستند (آزمایش‌های سه بار تکرار شده و داده‌ها مربوط به مقادیرهای میانگین می‌باشند).

بارگیری و انتشار فسفو تنگستیک اسید هیدرات

درصد بارگیری فسفو تنگستیک اسید هیدرات در آلیاژ پلیمری و نانو کامپوزیت در جدول ۲ نشان داده شده است. از داده‌های جدول می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین بارگیری فسفو تنگستیک اسید هیدرات مربوط به آلیاژ پلیمری نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) است. بارگیری دارو در نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) با افزایش مقدار نانو ذره‌های نقره کاهش یافته است.

اسپکتروفتومتر UV-Vis در طول موج مشخص (نانومتر $\lambda_{max} = 248$) اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری مقدار جذب، محلول به بشر دارای محلول اولیه برگردانده شد، این روند تا زمانی که مقدار جذب محلول به یک مقدار ثابت برسد انجام شد بردگی و همکاران^(۱)، حمیدیان و همکاران^(۲) [۱۶، ۱۲].

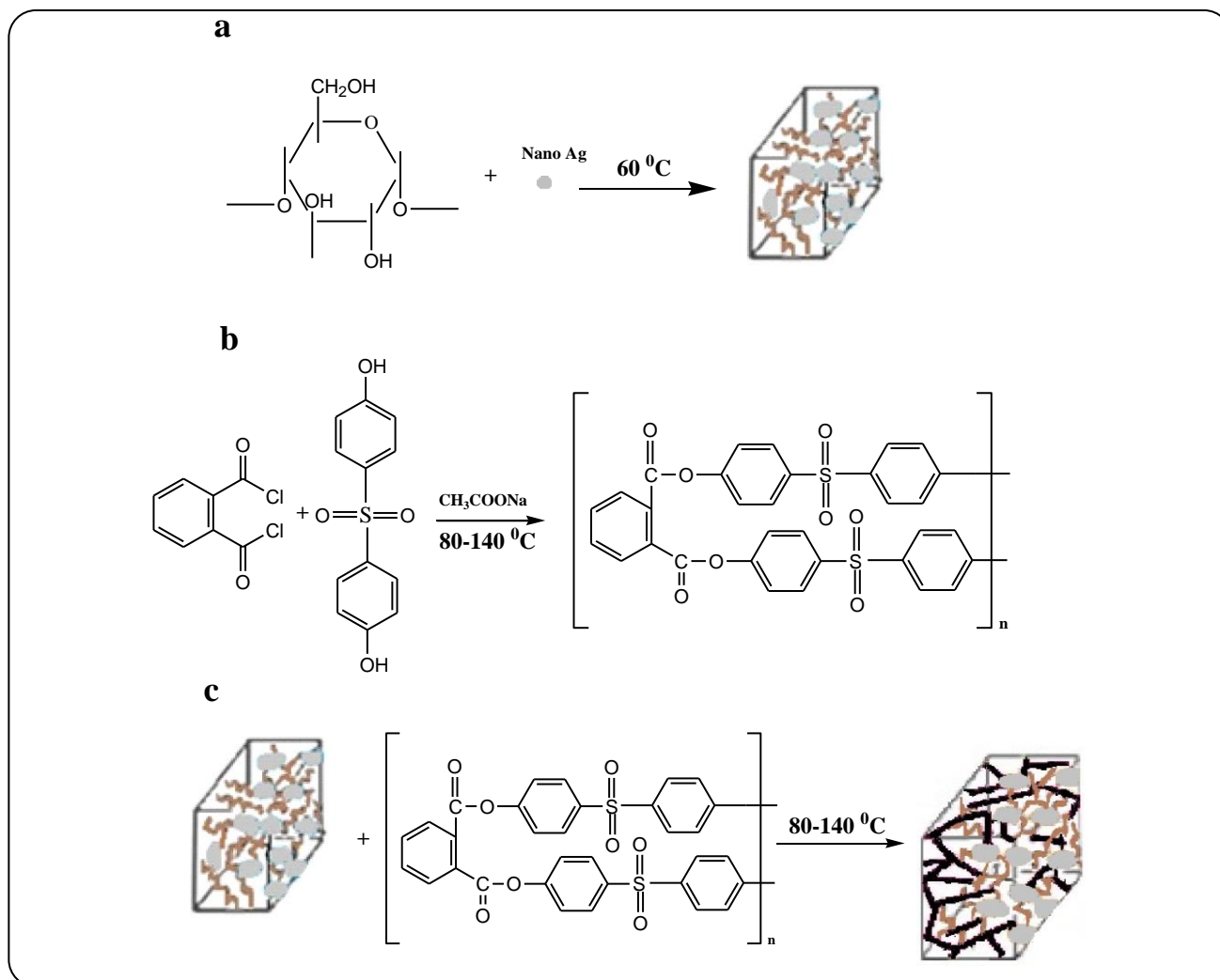
نتیجه‌ها و بحث

مکانیسم سنتز نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)

برای تهیه نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) با غلظت‌های گوناگون از نانو ذره‌های نقره، نشاسته به عنوان یک پلیمر زیست تخریب پذیر، سازگار با محیط زیست، غیرسمی با قابلیت جذب آب به عنوان عامل پوششی مؤثر به کار برده شده است. بر اثر واکنش اکسایش - کاهش بین تیو اوره و یون‌های نقره به دست آمده از انحلال نقره نیترات در محیط بازی، نانو ذره‌های نقره تشکیل شده و در بین ذره‌های نشاسته که حالت کلوییدی در آب دارند پراکنده شدند. گروه‌های هیدروکسیل موجود بر روی زنجیرهای پلیمری نشاسته در اثر واکنش پلیمریزاسیون بین فتالویل دی کلرید و بیس-۴- (هیدروکسیل فنیل سولفون) در حضور سدیم استات درگیر واکنش شده و آلیاژ پلیمری نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) سنتز شد. نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) با استفاده از نشاسته دارای نانو ذره‌های نقره تهیه شد (شکل ۱). پراکندگی نانو ذره‌های نقره در شبکه پلیمری مانع از آگلومره شدن آن‌ها شده است.

(۱) Bardajee G.R. et al

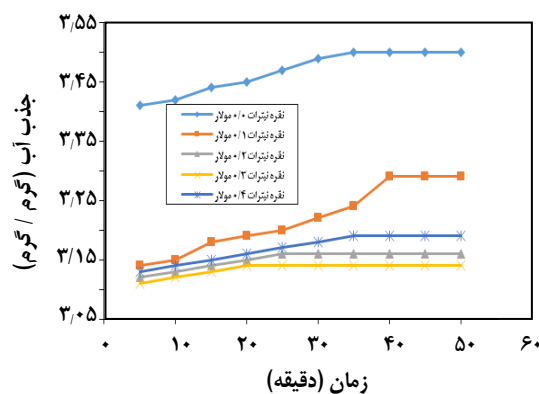
(۲) Hamidian H. et al



شکل ۱ - مکانیسم پیشنهاد شده برای تهیه: (a) نقره - نشاسته، (b) پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) و (c) نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات).

سه مکانیسم برای انتشار دارو از نانو کامپوزیت های پلیمری به درون سلول های هدف و رگ های خونی وجود دارد که عبارتند از: آبکافت زنجیره های پلیمری به وزن مولکولی کم تر و انتشار دارو به دام افتاده که فرایند کوچک شدن نام دارد؛ مهاجرت دارو به بخش های دورتر با حل شدن درون محلول یا مایع فیزیکی اطراف آن که فرایند پراکنده شدن است و جذب آب و تورم توسط سامانه آزاد سازی برای انتشار دارو از شبکه متورم شده که این روش تورم نام دارد (بردجی و همکاران^(۱) [۱۲]).

انتشار فسفو تنگستیک اسید هیدرات از حامل نانو می تواند به وسیله دو مکانیسم تورم و کوچک شدن توسط هیدرولیز



شکل ۲- تأثیر غلظت نقره نیترات روی تورم نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات).

(۱) Bardajee G.R. et al

جدول ۲- درصد بارگیری دارو در آلیاژ پلیمری و نانو کامپوزیت با غلظت‌های گوناگون از نانو ذره‌های نقره.

ترکیب	آلیاژ پلیمری	نانو کامپوزیت ۱	نانو کامپوزیت ۲	نانو کامپوزیت ۴	نانو کامپوزیت ۴
درصد بارگیری	۵۰	۴۹	۴۷	۴۳	۳۲

جدول ۳- درصد انتشار دارو از آلیاژ پلیمری نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) و نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات).

ردیف	زمان (دقیقه)	آلیاژ پلیمری	نانو کامپوزیت ۱	نانو کامپوزیت ۲	نانو کامپوزیت ۳	نانو کامپوزیت ۴
۱	۱۰	۸۵	۶۷	۸۰	۹۴	۸۹
۲	۲۰	۸۰	۶۵	۶۷	۵۹	۷۹
۳	۳۰	۷۹	۶۳	۶۹	۵۸	۶۸
۴	۴۰	۷۸	۶۰	۶۸	۵۳	۶۵
۵	۵۰	۷۵	۵۸	۶۵	۵۲	۶۴
۶	۶۰	۷۰	۵۹	۶۳	۵۱	۶۳
۷	۷۰	۶۸	۵۷	۵۸	۵۰	۶۲
۸	۸۰	۶۵	۵۶	۵۹	۴۹	۶۱
۹	۹۰	۶۴	۵۴	۵۵	۴۸	۶۰
۱۰	۱۰۰	۶۰	۵۲	۵۴	۴۵	۵۸
۱۱	۱۱۰	۵۸	۵۰	۵۱	۴۴	۵۶
۱۲	۱۲۰	۵۰	۴۸	۵۰	۴۳	۵۵
۱۳	۱۳۰	۵۰	۴۵	۵۰	۴۲	۵۵
۱۴	۱۴۰	۵۰	۴۰	۵۰	۴۱	۵۵
۱۵	۱۵۰	-	۴۰	-	۴۰	-
۱۶	۱۶۰	-	۴۰	-	۴۰	-
۱۷	۱۷۰	-	-	-	۴۰	-

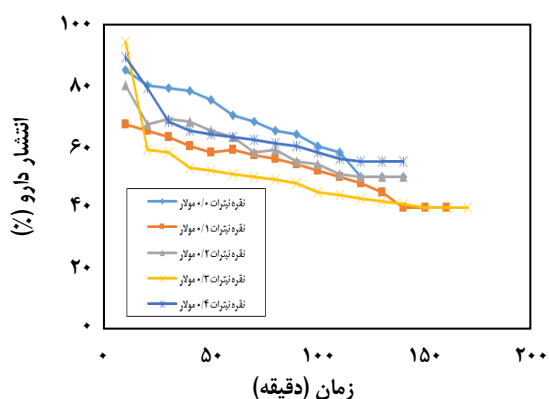
توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج مشخص شده اندازه گیری شد. از مقایسه‌ی مقدار جذب دارو در محلول پس از انتشار از نانو کامپوزیت با منحنی کالیبراسیون به دست آمده از محلول‌های استاندارد، انتشار فسفو تنگستیک اسید هیدرات از ۰/۰۱ گرم آلیاژ پلیمری و نانو کامپوزیت با غلظت‌های گوناگون از نانو ذره‌های نقره بررسی شد (جدول ۳ و شکل ۳). از داده‌ها می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین مقدار انتشار دارو در ده دقیقه اول توسط جذب آب رخ داده است. در ادامه انتشار دارو توسط هیدرولیز استری انجام شده است تا زمانی که مقدار انتشار دارو به مقدار ثابت برسد. آلیاژ پلیمری بدون نانو ذره‌های نقره بیشترین

زنجیره پلیمری شبکه پلیمری انجام شود. ظرفیت انتشار دارو توسط طیف UV-Vis با استفاده از قانون بیر - لامبرت اندازه گیری شده است:

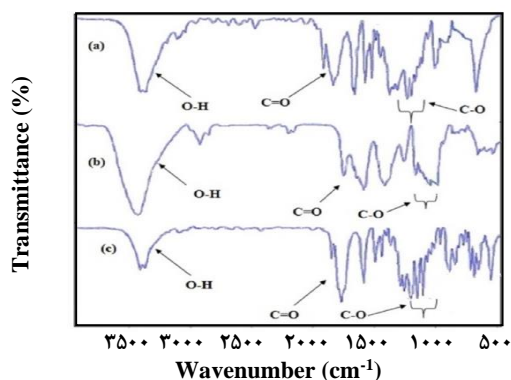
$$A = \epsilon bc \quad (۳)$$

A در این فرمول شدت جذب، ϵ فاکتور جذب مولی، b طول مسیر تابش و c غلظت فسفو تنگستیک اسید هیدرات است (بردجی و همکاران^(۱)، جاویدی و همکاران^(۱) [۱۲ و ۱۴]).
برای اندازه‌گیری غلظت فسفو تنگستیک اسید هیدرات مقداری محلول استاندارد با غلظت‌های معین تهیه و جذب آن‌ها

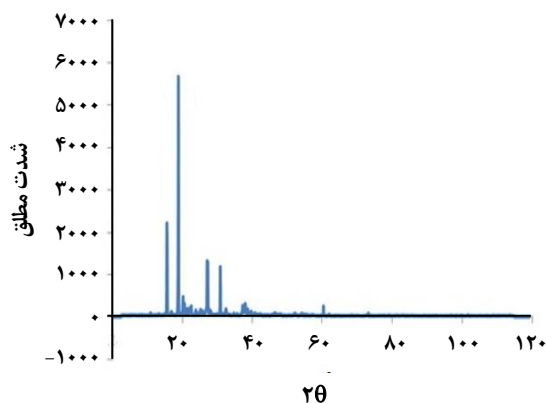
(۱) Javidi J. et al



شکل ۳- انتشار فسفو تنگستیک اسید هیدرات از آلیاژ پلیمری و نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات).



شکل ۴- طیف های FT-IR: (a) پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)، (b) آلیاژ پلیمری و (c) نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات).



شکل ۵- لگوی XRD نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات).

مقدار بارگیری، انتشار و سرعت انتشار دارو را به خود اختصاص داده است که این ممکن است به دلیل وجود فضای آزاد بیش تر برای بارگیری دارو در آلیاژ پلیمری بدون نانو ذره ها باشد، از سوی دیگر حلالیت فسفو تنگستیک اسید هیدرات در آب باعث افزایش مقدار هیدرولیز پیوندهای استری و در نتیجه سبب انتشار دارو شده است.

بررسی ساختار نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) با استفاده از داده های طیفی

طیف FT-IR پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات)، آلیاژ پلیمری نشاسته / پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) و نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) در شکل ۴ نشان داده شده است. وجود پیک های جذبی در بازه $1300-1000 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به ارتعاش کششی C-O واحد های تکراری استری است. ارتعاش کششی C-C در حلقه آروماتیک شبکه پلیمری در بازه $1650-1450 \text{ cm}^{-1}$ نشان داده شده است. پیک مربوط به گروه عاملی C=O از واحد های استری شبکه پلیمری در 1721 cm^{-1} ظاهر شده است. پیک مشاهده شده در 3300 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی گروه عاملی O-H است.

الگوی پراش اشعه ی ایکس نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) در شکل ۵ نشان داده شده است. متوسط اندازه نانو ذره ها در نانو کامپوزیت با استفاده از معادله شرر^(۱) محاسبه شده است.

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (4)$$

در این فرمول D (برحسب نانومتر) متوسط اندازه نانو ذره های نقره، k فاکتور شکل که معمولاً عدد آن 0.9 می باشد، λ طول موج منبع استفاده شده (0.154 نانومتر)، β پهنای پیک در نیمه ارتفاع و θ مکان پیک روی محور افقی الگوی پراش می باشد جاویدی و همکاران، حمیدیان و همکاران [۱۶ و ۱۴]. عددهای محاسبه شده در جدول ۴ گزارش شده است.

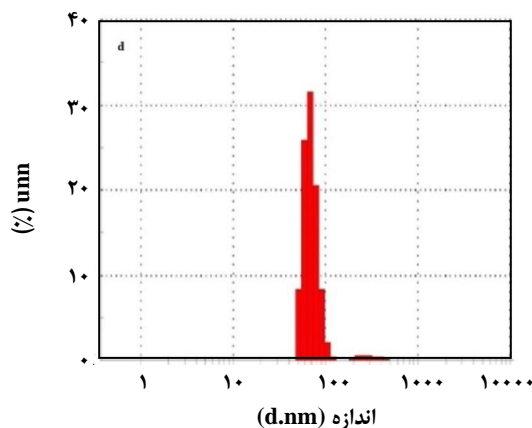
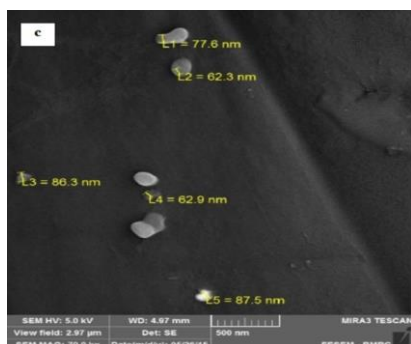
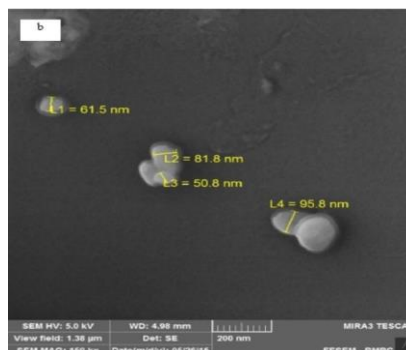
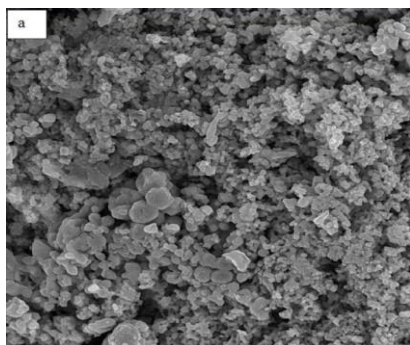
ساختار سطحی نانو ذره های نقره، نقره - نشاسته و نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی^(۲) دیده شده است (شکل ۶). مشاهدات میکروسکوپ الکترونی روبشی از نقره - نشاسته و نقره

(۱) Scherrer equation

(۲) Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM)

جدول ۴- متوسط اندازه نانو ذره‌های نقره، نتیجه‌های محاسبه شده با استفاده از معادله شرر.

D (nm)	Cos θ	2 θ	β
۶۵,۸۳۵	۰,۹۵۲	۳۰,۸۰	۰,۰۰۲۰
۶۰,۲۴۲	۰,۹۹۷	۱۸,۹	۰,۰۰۲۳



شکل ۶- تصویرهای میکروسکوپ الکترونی نشر میدانی: (a) نانو ذره‌های نقره، (b) نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) با غلظت ۰/۱ مولار نقره نیترات، (c) نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) با غلظت ۰/۴ مولار نقره نیترات و (d) هیستوگرام اندازه ذره‌های نانو کامپوزیت نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات).

نتیجه‌گیری

نانو کامپوزیت جدید نقره / نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) تهیه شد و ساختار آن توسط طیف FT-IR، DLS، XRD و SEM بررسی شد. متوسط اندازه نانو ذره‌های نقره در شبکه‌ی پلیمری ۶۸ نانومتر می باشد که به طور تقریبی به طور یکنواخت در ماتریس پلیمری پراکنده شده است. از بررسی انتشار دارو و جذب آب از نانو کامپوزیت نتیجه‌گیری شد که آلیاژ پلیمری بدون نانو ذره‌های نقره بیش‌ترین مقدار جذب آب، بیش‌ترین مقدار

/ نشاسته - پلی (دی فنیل سولفونیل فتالات) وجود نانو ذره‌های نقره در شبکه‌ی هیدروژلی پلیمری را نشان داد. نمودار میکروسکوپ الکترونی روشی نشر میدانی ثابت کرد که آگلومره شدن نانو ذره‌ها در شبکه پلیمری رخ نداده است.

پراکندگی نوری دینامیکی^(۴) برای ارزیابی قطر نانو ذره‌ها در یک ناحیه سطحی از نانو کامپوزیت به کار برده شده است. نانو ذره‌های نقره با ابعاد ۸۰ نانومتر، فراوانی زیادی دارد. اطلاعات پراکندگی نوری دینامیکی در شکل ۶ نشان داده شده است.

(۱) Dynamic light scattering (DLS)

به حد بیشینه رسیده و سپس غلظت دارو در حد مشخصی تثبیت می‌شود، نانو کامپوزیت نوین دارای بیو پلیمر نشاسته می‌تواند یک حامل مؤثر برای دارو باشد. علاوه بر این خود نانو کامپوزیت به دلیل دارا بودن ذره‌های نانو نقره خصلت ضد میکروبی و دارویی داشته و در نتیجه به عنوان یک حامل دارویی مؤثر می‌تواند به کار رود.

قدردانی

نویسندگان از حمایت‌های مالی و آزمایشگاهی دانشگاه پیام نور مرکز کرمان تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱۴

بارگیری دارو و در نتیجه بیش‌ترین مقدار انتشار دارو را به خود اختصاص داده است که این ممکن است به دلیل وجود فضای آزاد بیش‌تر برای بارگیری دارو در آلیاژ پلیمری بدون ذره‌ها باشد، از سوی دیگر حلالیت هتروپلی اسید در آب باعث تسریع در شکست پیوندهای استری نانو کامپوزیت شده و در نتیجه سبب انتشار دارو در مرحله بعد از متورم شدن شده است. یک نقطه برجسته از پژوهش، چگونگی انتشار دارو به طور ویژه‌ای است. نخست بیش‌ترین مقدار دارو منتشر شده و سپس در ادامه مقدار متوسط دارو در محلول بافری آلیاژ پلیمری و نانو کامپوزیت ثابت مانده است. با توجه به اینکه روند تغییرهای انتشار دارو با زمان برای نمونه‌ها از الگوی خاصی پیروی نمی‌کند و همچنین بارگیری و رهایش دارو در نانو کامپوزیت با افزایش نانو ذره‌های نقره کاهش پیدا می‌کند ولی به دلیل رهایش خاص دارو که در چند دقیقه اول

مراجع

- [1] Chomoucka J., Drbohlavova J., Huska D., Adam V., Kizek R., Hubalek J., [Magnetic Nanoparticles and Targeted Drug Delivering](#), *Pharm. Res.*, **62**(2): 144-149 (2010).
- [2] Silva A.R., Zaniquelli M.E.D., Baratti, M.O., Jorge, R.A., [Drug Release from Microspheres and Nanospheres of Poly\(lactide-co-glycolide\) without Sphere Separation from the Release Medium](#), *J. Braz. Chem. Soc.*, **21**: 214-225 (2010).
- [3] Choi S.H., Kim D.H., Raghu A.V., Reddy K.R., Lee H.-I., Yoon K.S., Jeong H.M., Kim B.K., [Properties of Graphene/ Waterborne Polyurethane Nanocomposites Cast from Colloidal Dispersion Mixtures](#), *Journal of Macromolecular Science Part B.*, **51**: 197-207 (2012).
- [4] Han S.J., Lee H.-I., Jeong H.M., Kim B.K., Raghu A.V., Reddy K.R., [Graphene Modified Lipophilically by Stearic Acid and Its Composite with Low Density Polyethylene](#), *Journal of Macromolecular Science Part B*, **53**(7): 1193-1204 (2014).
- [5] Hassan M., Reddy K.R., Haque E., Minett A.I., Gomes V.G., [High-Yield Aqueous Phase Exfoliation of Graphene for Facile Nanocomposite Synthesis Via Emulsion Polymerization](#), *J. Colloid Interface Sci.*, **410**: 43-51 (2013).
- [6] Hassan M., Reddy K.R., Haque E., Faisal S.N., Ghasemi S., Minett A.I., Gomes V.G., [Hierarchical Assembly of Graphene/Polyaniline Nanostructures to Synthesize Free-Standing Supercapacitor Electrode](#), *Compos. Sci. Technol.*, **98**: 1-8 (2014).
- [7] Lee Y.R., Kim, S.C., Lee H.-I., Jeong H.M., Raghu A.V., Reddy K.R., Kim B.K., [Graphite Oxides as Effective Fire Retardants of Epoxy Resin](#), *Macromol. Res.*, **19**(1): 66-71 (2011).

- [8] Morris E.A., Weisenberger M.C., Bradley S.B., Abdallah M.G., Mecham S.J., Pisipati P., McGrath J.E., [Synthesis, Spinning, and Properties of Very High Molecular Weight Poly\(Acrylonitrile-Co-Methyl Acrylate\) for High Performance Precursors for Carbon Fiber](#), *Polym.*, **55**: 6471-6482 (2014).
- [9] Reddy K.R., Hassan M., Gomes V.G., [Hybrid Nanostructures Based on Titanium Dioxide for Enhanced Photocatalysis](#), *Appl. Catal. A. General.*, **489**: 1-16 (2015).
- [10] Mohan Y.M., Vimala K., Thomas V., Varaprasad K., Sreedhar B., Bajpai S.K., Raju K.M.J., [Controlling of Silver Nanoparticles Structure by Hydrogel Networks](#), *J. Colloid Interface Sci.*, **342(1)**: 73-82 (2010).
- [۱۱] نوبخت اصل، فاطمه؛ کردتبار، مهران، سنتز و شناسایی هیدروژل های ابر جاذب نانوکامپوزیت مغناطیسی آهن بر پایه صمغ زانتان اصلاح شده با استفاده از اکریلیک اسید، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران، ۳۵(۴): ۳۳ تا ۳۸ (۱۳۹۵).
- [12] Bardajee G.R. Hooshyar Z., Kabiri F., [Preparation and Investigation on Swelling and Drug Delivery Properties of a Novel Silver/Salep-g-Poly \(Acrylic Acid\) Nanocomposite Hydrogel](#), *Bull. Korean Chem. Soc.*, **33(8)**: 2635-2641 (2012).
- [۱۳] معادی، تارا؛ قهرمان زاده، رامین؛ یوسفی، مریم؛ محمدی، فرشته، تهیه نانوذره های نقره توسط عصاره چهار گونه گیاهی و بررسی ویژگی های ضد میکروبی آن، نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران، ۳۳(۴): ۱ تا ۹ (۱۳۹۳).
- [14] Javidi J., Esmailpour M., [Synthesis of Fe₃O₄@silica/poly\(N-isopropylacrylamide\) as a Novel Thermo-Responsive System for Controlled Release of H₃PMo₁₂O₄₀ Nano Drug in AC Magnetic Field](#), *Colloids Surf., B. Biointerfaces.*, **102**: 265-272 (2013).
- [15] Uskoković-Marković S., Milenković M., Topić A., Kotur-Stevuljević J., Stefanović A., Antić-Stanković J., [Protective Effects of Tungstophosphoric Acid and Sodium Tungstate on Chemically Induced Liver Necrosis in Wistar Rats](#), *Journal of Pharm Pharmaceutical Sciences*, **10(3)**: 340-349 (2007)
- [16] Hamidian H., Tavakoli T., [Preparation of a New Fe₃O₄/Starch-G-Polyester Nanocomposite Hydrogel and a Study on Swelling and Drug Delivery Properties](#), *Carbohydr. Polym.*, **144**: 140-148 (2016).