



# تهیه و ارزیابی نانوالیاف پلی کاپرولاکتون حاوی سیمواستاتین و نانوذرات شیشه زیست فعال جهت رهایشی کنترل شده دارو

منیره کوهی<sup>۱\*</sup>، محمد مرشد<sup>۲</sup>، ژاله ورشوساز<sup>۳</sup>، محمد حسین فتحی<sup>۱</sup>

## چکیده:

در این تحقیق نانوالیاف پلی کاپرولاکتون (PCL) حاوی درصدهای مختلف نانوذرات شیشه زیست فعال (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪) و حاوی ۶٪ سیمواستاتین به روش الکترورسی تهیه شد. نتایج اندازه گیری ویسکوزیته ی محلول پلیمری نشان داد که با افزایش درصد نانوذره ویسکوزیته ی محلول پلیمری افزایش یافت، همچنین تصاویر SEM نشان داد که میانگین قطر نانوالیاف با افزایش درصد نانوذرات از ۰ تا ۲۰ درصد از ۴۱۱ نانومتر تا ۴۸۳ نانومتر افزایش یافته است. نتایج آنالیز DSC نشان داد که با افزایش درصد نانوذره دمای ذوب نانوالیاف روند مشخصی را نداشته است اما درجه کریستالینیتی پلیمر با افزایش نانوذره از ۵۷/۸۹٪ به ۶۵/۱۳٪ افزایش داشته است. با افزایش درصد نانوذرات از ۰ تا ۲۰٪ در ابتدا نرخ رهایشی دارو کاهش یافته و با گذشت زمان، داروی بیشتری از نانوالیاف آزاد می گردد. بر اساس نتایج بدست آمده از رهایشی دارو مشخص شد که نانوالیاف تولیدی در این تحقیق توانایی رهایشی داروی مورد نظر را بصورت کنترل شده دارد و می تواند به عنوان یک سیستم رهایشی دارو در بازسازی استخوان مورد استفاده قرار بگیرد.

## مقدمه

امروزه نانوالیاف کاربردهای وسیعی در زمینه پزشکی از جمله سیستم های رهایشی دارو و مهندسی بافت پیدا کرده اند. دلیل این امر شباهت بسیار زیاد داربست نانوالیاف به ساختار ماتریس خارج سلولی بدن می باشد. برای کاربردهای بازسازی استخوان، نانوالیاف کامپوزیتی حاوی فاز غیر آلی زیست فعال، مانند شیشه زیست فعال، هیدروکسی آپاتیت، تری کلسیم فسفات و ترکیب های دوفازی آنها به دلیل دارا بودن خواص مکانیکی و بیولوژیکی، بسیار مطلوب می باشد. به علاوه، استفاده از بیوپلیمرها به عنوان ماتریس کامپوزیت، باعث تولید آسان و انعطاف پذیری مکانیکی بیشتر کامپوزیت می گردد [۱]. نشان داده شده است که قرار دادن دارو در نانو کامپوزیت ها، کارایی آنها را بهبود می بخشد. در عمل، داروهای حبس شده در کاشتنی ها نرخ بازسازی استخوان را افزایش می دهند. سیمواستاتین یکی از اعضای خانواده استاتین ها می باشد که به عنوان داروی کاهنده کلسترل خون استفاده می شده و نشان داده شده است که می تواند تشکیل استخوان را تحریک کند [۲].

روش های بسیاری برای تولید داربست های سه بعدی جهت مهندسی بافت استخوان وجود دارد که اخیراً از میان همه، الکترورسی بدلیل آسانی روش، تولید لیاف پلیمری بسیار باریک، مساحت سطحی مخصوص بالا و امکان اصلاح زیاد، به مقدار زیادی مورد توجه قرار گرفته است. در حال حاضر پلی کاپرولاکتون در کاربردهای سازگار با بافت های نرم و سخت مانند نخ بخیه، سیستم های رهایشی دارو و اخیراً جانشین های پیوند استخوان استفاده می شود [۳]. اما طبیعت آبگریز و نرخ رهایشی پایین آن کاربرد آن را در رهایشی دارو و کشت سلول محدود کرده است. در این تحقیق وب نانوالیاف کامپوزیتی پلی کاپرولاکتون (PCL) حاوی نانوذرات شیشه زیست فعال (BG) و داروی سیمواستاتین تولید شد و خواص مورفولوژیکی و نرخ رهایشی دارو از آن مورد ارزیابی قرار گرفت.

## روش تحقیق

مواد مصرفی در این تحقیق عبارتند از: پلی کاپرولاکتون با وزن مولکولی ۸۰۰۰۰ g/mol از شرکت آلدريج، پودر داروی سیمواستاتین از داروسازی اسوه ایران، نانوذرات

شیشه زیست فعال با اندازه های در محدوده ۲۰ تا ۶۰ نانومتر از گروه بیومواد دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان و کلروفورم و متانول از شرکت مرک آلمان. برای تهیه محلول های الکترورسی، پلیمر PCL در مخلوط کلروفورم/متانول (۱/۳) (۱/۵) (۱/۷) (۱/۹) (۱/۱۱) (۱/۱۳) (۱/۱۵) (۱/۱۷) (۱/۱۹) (۱/۲۱) (۱/۲۳) (۱/۲۵) (۱/۲۷) (۱/۲۹) (۱/۳۱) (۱/۳۳) (۱/۳۵) (۱/۳۷) (۱/۳۹) (۱/۴۱) (۱/۴۳) (۱/۴۵) (۱/۴۷) (۱/۴۹) (۱/۵۱) (۱/۵۳) (۱/۵۵) (۱/۵۷) (۱/۵۹) (۱/۶۱) (۱/۶۳) (۱/۶۵) (۱/۶۷) (۱/۶۹) (۱/۷۱) (۱/۷۳) (۱/۷۵) (۱/۷۷) (۱/۷۹) (۱/۸۱) (۱/۸۳) (۱/۸۵) (۱/۸۷) (۱/۸۹) (۱/۹۱) (۱/۹۳) (۱/۹۵) (۱/۹۷) (۱/۹۹) (۱/۱۰۱) (۱/۱۰۳) (۱/۱۰۵) (۱/۱۰۷) (۱/۱۰۹) (۱/۱۱۱) (۱/۱۱۳) (۱/۱۱۵) (۱/۱۱۷) (۱/۱۱۹) (۱/۱۲۱) (۱/۱۲۳) (۱/۱۲۵) (۱/۱۲۷) (۱/۱۲۹) (۱/۱۳۱) (۱/۱۳۳) (۱/۱۳۵) (۱/۱۳۷) (۱/۱۳۹) (۱/۱۴۱) (۱/۱۴۳) (۱/۱۴۵) (۱/۱۴۷) (۱/۱۴۹) (۱/۱۵۱) (۱/۱۵۳) (۱/۱۵۵) (۱/۱۵۷) (۱/۱۵۹) (۱/۱۶۱) (۱/۱۶۳) (۱/۱۶۵) (۱/۱۶۷) (۱/۱۶۹) (۱/۱۷۱) (۱/۱۷۳) (۱/۱۷۵) (۱/۱۷۷) (۱/۱۷۹) (۱/۱۸۱) (۱/۱۸۳) (۱/۱۸۵) (۱/۱۸۷) (۱/۱۸۹) (۱/۱۹۱) (۱/۱۹۳) (۱/۱۹۵) (۱/۱۹۷) (۱/۱۹۹) (۱/۲۰۱) (۱/۲۰۳) (۱/۲۰۵) (۱/۲۰۷) (۱/۲۰۹) (۱/۲۱۱) (۱/۲۱۳) (۱/۲۱۵) (۱/۲۱۷) (۱/۲۱۹) (۱/۲۲۱) (۱/۲۲۳) (۱/۲۲۵) (۱/۲۲۷) (۱/۲۲۹) (۱/۲۳۱) (۱/۲۳۳) (۱/۲۳۵) (۱/۲۳۷) (۱/۲۳۹) (۱/۲۴۱) (۱/۲۴۳) (۱/۲۴۵) (۱/۲۴۷) (۱/۲۴۹) (۱/۲۵۱) (۱/۲۵۳) (۱/۲۵۵) (۱/۲۵۷) (۱/۲۵۹) (۱/۲۶۱) (۱/۲۶۳) (۱/۲۶۵) (۱/۲۶۷) (۱/۲۶۹) (۱/۲۷۱) (۱/۲۷۳) (۱/۲۷۵) (۱/۲۷۷) (۱/۲۷۹) (۱/۲۸۱) (۱/۲۸۳) (۱/۲۸۵) (۱/۲۸۷) (۱/۲۸۹) (۱/۲۹۱) (۱/۲۹۳) (۱/۲۹۵) (۱/۲۹۷) (۱/۲۹۹) (۱/۳۰۱) (۱/۳۰۳) (۱/۳۰۵) (۱/۳۰۷) (۱/۳۰۹) (۱/۳۱۱) (۱/۳۱۳) (۱/۳۱۵) (۱/۳۱۷) (۱/۳۱۹) (۱/۳۲۱) (۱/۳۲۳) (۱/۳۲۵) (۱/۳۲۷) (۱/۳۲۹) (۱/۳۳۱) (۱/۳۳۳) (۱/۳۳۵) (۱/۳۳۷) (۱/۳۳۹) (۱/۳۴۱) (۱/۳۴۳) (۱/۳۴۵) (۱/۳۴۷) (۱/۳۴۹) (۱/۳۵۱) (۱/۳۵۳) (۱/۳۵۵) (۱/۳۵۷) (۱/۳۵۹) (۱/۳۶۱) (۱/۳۶۳) (۱/۳۶۵) (۱/۳۶۷) (۱/۳۶۹) (۱/۳۷۱) (۱/۳۷۳) (۱/۳۷۵) (۱/۳۷۷) (۱/۳۷۹) (۱/۳۸۱) (۱/۳۸۳) (۱/۳۸۵) (۱/۳۸۷) (۱/۳۸۹) (۱/۳۹۱) (۱/۳۹۳) (۱/۳۹۵) (۱/۳۹۷) (۱/۳۹۹) (۱/۴۰۱) (۱/۴۰۳) (۱/۴۰۵) (۱/۴۰۷) (۱/۴۰۹) (۱/۴۱۱) (۱/۴۱۳) (۱/۴۱۵) (۱/۴۱۷) (۱/۴۱۹) (۱/۴۲۱) (۱/۴۲۳) (۱/۴۲۵) (۱/۴۲۷) (۱/۴۲۹) (۱/۴۳۱) (۱/۴۳۳) (۱/۴۳۵) (۱/۴۳۷) (۱/۴۳۹) (۱/۴۴۱) (۱/۴۴۳) (۱/۴۴۵) (۱/۴۴۷) (۱/۴۴۹) (۱/۴۵۱) (۱/۴۵۳) (۱/۴۵۵) (۱/۴۵۷) (۱/۴۵۹) (۱/۴۶۱) (۱/۴۶۳) (۱/۴۶۵) (۱/۴۶۷) (۱/۴۶۹) (۱/۴۷۱) (۱/۴۷۳) (۱/۴۷۵) (۱/۴۷۷) (۱/۴۷۹) (۱/۴۸۱) (۱/۴۸۳) (۱/۴۸۵) (۱/۴۸۷) (۱/۴۸۹) (۱/۴۹۱) (۱/۴۹۳) (۱/۴۹۵) (۱/۴۹۷) (۱/۴۹۹) (۱/۵۰۱) (۱/۵۰۳) (۱/۵۰۵) (۱/۵۰۷) (۱/۵۰۹) (۱/۵۱۱) (۱/۵۱۳) (۱/۵۱۵) (۱/۵۱۷) (۱/۵۱۹) (۱/۵۲۱) (۱/۵۲۳) (۱/۵۲۵) (۱/۵۲۷) (۱/۵۲۹) (۱/۵۳۱) (۱/۵۳۳) (۱/۵۳۵) (۱/۵۳۷) (۱/۵۳۹) (۱/۵۴۱) (۱/۵۴۳) (۱/۵۴۵) (۱/۵۴۷) (۱/۵۴۹) (۱/۵۵۱) (۱/۵۵۳) (۱/۵۵۵) (۱/۵۵۷) (۱/۵۵۹) (۱/۵۶۱) (۱/۵۶۳) (۱/۵۶۵) (۱/۵۶۷) (۱/۵۶۹) (۱/۵۷۱) (۱/۵۷۳) (۱/۵۷۵) (۱/۵۷۷) (۱/۵۷۹) (۱/۵۸۱) (۱/۵۸۳) (۱/۵۸۵) (۱/۵۸۷) (۱/۵۸۹) (۱/۵۹۱) (۱/۵۹۳) (۱/۵۹۵) (۱/۵۹۷) (۱/۵۹۹) (۱/۶۰۱) (۱/۶۰۳) (۱/۶۰۵) (۱/۶۰۷) (۱/۶۰۹) (۱/۶۱۱) (۱/۶۱۳) (۱/۶۱۵) (۱/۶۱۷) (۱/۶۱۹) (۱/۶۲۱) (۱/۶۲۳) (۱/۶۲۵) (۱/۶۲۷) (۱/۶۲۹) (۱/۶۳۱) (۱/۶۳۳) (۱/۶۳۵) (۱/۶۳۷) (۱/۶۳۹) (۱/۶۴۱) (۱/۶۴۳) (۱/۶۴۵) (۱/۶۴۷) (۱/۶۴۹) (۱/۶۵۱) (۱/۶۵۳) (۱/۶۵۵) (۱/۶۵۷) (۱/۶۵۹) (۱/۶۶۱) (۱/۶۶۳) (۱/۶۶۵) (۱/۶۶۷) (۱/۶۶۹) (۱/۶۷۱) (۱/۶۷۳) (۱/۶۷۵) (۱/۶۷۷) (۱/۶۷۹) (۱/۶۸۱) (۱/۶۸۳) (۱/۶۸۵) (۱/۶۸۷) (۱/۶۸۹) (۱/۶۹۱) (۱/۶۹۳) (۱/۶۹۵) (۱/۶۹۷) (۱/۶۹۹) (۱/۷۰۱) (۱/۷۰۳) (۱/۷۰۵) (۱/۷۰۷) (۱/۷۰۹) (۱/۷۱۱) (۱/۷۱۳) (۱/۷۱۵) (۱/۷۱۷) (۱/۷۱۹) (۱/۷۲۱) (۱/۷۲۳) (۱/۷۲۵) (۱/۷۲۷) (۱/۷۲۹) (۱/۷۳۱) (۱/۷۳۳) (۱/۷۳۵) (۱/۷۳۷) (۱/۷۳۹) (۱/۷۴۱) (۱/۷۴۳) (۱/۷۴۵) (۱/۷۴۷) (۱/۷۴۹) (۱/۷۵۱) (۱/۷۵۳) (۱/۷۵۵) (۱/۷۵۷) (۱/۷۵۹) (۱/۷۶۱) (۱/۷۶۳) (۱/۷۶۵) (۱/۷۶۷) (۱/۷۶۹) (۱/۷۷۱) (۱/۷۷۳) (۱/۷۷۵) (۱/۷۷۷) (۱/۷۷۹) (۱/۷۸۱) (۱/۷۸۳) (۱/۷۸۵) (۱/۷۸۷) (۱/۷۸۹) (۱/۷۹۱) (۱/۷۹۳) (۱/۷۹۵) (۱/۷۹۷) (۱/۷۹۹) (۱/۸۰۱) (۱/۸۰۳) (۱/۸۰۵) (۱/۸۰۷) (۱/۸۰۹) (۱/۸۱۱) (۱/۸۱۳) (۱/۸۱۵) (۱/۸۱۷) (۱/۸۱۹) (۱/۸۲۱) (۱/۸۲۳) (۱/۸۲۵) (۱/۸۲۷) (۱/۸۲۹) (۱/۸۳۱) (۱/۸۳۳) (۱/۸۳۵) (۱/۸۳۷) (۱/۸۳۹) (۱/۸۴۱) (۱/۸۴۳) (۱/۸۴۵) (۱/۸۴۷) (۱/۸۴۹) (۱/۸۵۱) (۱/۸۵۳) (۱/۸۵۵) (۱/۸۵۷) (۱/۸۵۹) (۱/۸۶۱) (۱/۸۶۳) (۱/۸۶۵) (۱/۸۶۷) (۱/۸۶۹) (۱/۸۷۱) (۱/۸۷۳) (۱/۸۷۵) (۱/۸۷۷) (۱/۸۷۹) (۱/۸۸۱) (۱/۸۸۳) (۱/۸۸۵) (۱/۸۸۷) (۱/۸۸۹) (۱/۸۹۱) (۱/۸۹۳) (۱/۸۹۵) (۱/۸۹۷) (۱/۸۹۹) (۱/۹۰۱) (۱/۹۰۳) (۱/۹۰۵) (۱/۹۰۷) (۱/۹۰۹) (۱/۹۱۱) (۱/۹۱۳) (۱/۹۱۵) (۱/۹۱۷) (۱/۹۱۹) (۱/۹۲۱) (۱/۹۲۳) (۱/۹۲۵) (۱/۹۲۷) (۱/۹۲۹) (۱/۹۳۱) (۱/۹۳۳) (۱/۹۳۵) (۱/۹۳۷) (۱/۹۳۹) (۱/۹۴۱) (۱/۹۴۳) (۱/۹۴۵) (۱/۹۴۷) (۱/۹۴۹) (۱/۹۵۱) (۱/۹۵۳) (۱/۹۵۵) (۱/۹۵۷) (۱/۹۵۹) (۱/۹۶۱) (۱/۹۶۳) (۱/۹۶۵) (۱/۹۶۷) (۱/۹۶۹) (۱/۹۷۱) (۱/۹۷۳) (۱/۹۷۵) (۱/۹۷۷) (۱/۹۷۹) (۱/۹۸۱) (۱/۹۸۳) (۱/۹۸۵) (۱/۹۸۷) (۱/۹۸۹) (۱/۹۹۱) (۱/۹۹۳) (۱/۹۹۵) (۱/۹۹۷) (۱/۹۹۹) (۱/۱۰۰۱) (۱/۱۰۰۳) (۱/۱۰۰۵) (۱/۱۰۰۷) (۱/۱۰۰۹) (۱/۱۰۱۱) (۱/۱۰۱۳) (۱/۱۰۱۵) (۱/۱۰۱۷) (۱/۱۰۱۹) (۱/۱۰۲۱) (۱/۱۰۲۳) (۱/۱۰۲۵) (۱/۱۰۲۷) (۱/۱۰۲۹) (۱/۱۰۳۱) (۱/۱۰۳۳) (۱/۱۰۳۵) (۱/۱۰۳۷) (۱/۱۰۳۹) (۱/۱۰۴۱) (۱/۱۰۴۳) (۱/۱۰۴۵) (۱/۱۰۴۷) (۱/۱۰۴۹) (۱/۱۰۵۱) (۱/۱۰۵۳) (۱/۱۰۵۵) (۱/۱۰۵۷) (۱/۱۰۵۹) (۱/۱۰۶۱) (۱/۱۰۶۳) (۱/۱۰۶۵) (۱/۱۰۶۷) (۱/۱۰۶۹) (۱/۱۰۷۱) (۱/۱۰۷۳) (۱/۱۰۷۵) (۱/۱۰۷۷) (۱/۱۰۷۹) (۱/۱۰۸۱) (۱/۱۰۸۳) (۱/۱۰۸۵) (۱/۱۰۸۷) (۱/۱۰۸۹) (۱/۱۰۹۱) (۱/۱۰۹۳) (۱/۱۰۹۵) (۱/۱۰۹۷) (۱/۱۰۹۹) (۱/۱۱۰۱) (۱/۱۱۰۳) (۱/۱۱۰۵) (۱/۱۱۰۷) (۱/۱۱۰۹) (۱/۱۱۱۱) (۱/۱۱۱۳) (۱/۱۱۱۵) (۱/۱۱۱۷) (۱/۱۱۱۹) (۱/۱۱۲۱) (۱/۱۱۲۳) (۱/۱۱۲۵) (۱/۱۱۲۷) (۱/۱۱۲۹) (۱/۱۱۳۱) (۱/۱۱۳۳) (۱/۱۱۳۵) (۱/۱۱۳۷) (۱/۱۱۳۹) (۱/۱۱۴۱) (۱/۱۱۴۳) (۱/۱۱۴۵) (۱/۱۱۴۷) (۱/۱۱۴۹) (۱/۱۱۵۱) (۱/۱۱۵۳) (۱/۱۱۵۵) (۱/۱۱۵۷) (۱/۱۱۵۹) (۱/۱۱۶۱) (۱/۱۱۶۳) (۱/۱۱۶۵) (۱/۱۱۶۷) (۱/۱۱۶۹) (۱/۱۱۷۱) (۱/۱۱۷۳) (۱/۱۱۷۵) (۱/۱۱۷۷) (۱/۱۱۷۹) (۱/۱۱۸۱) (۱/۱۱۸۳) (۱/۱۱۸۵) (۱/۱۱۸۷) (۱/۱۱۸۹) (۱/۱۱۹۱) (۱/۱۱۹۳) (۱/۱۱۹۵) (۱/۱۱۹۷) (۱/۱۱۹۹) (۱/۱۲۰۱) (۱/۱۲۰۳) (۱/۱۲۰۵) (۱/۱۲۰۷) (۱/۱۲۰۹) (۱/۱۲۱۱) (۱/۱۲۱۳) (۱/۱۲۱۵) (۱/۱۲۱۷) (۱/۱۲۱۹) (۱/۱۲۲۱) (۱/۱۲۲۳) (۱/۱۲۲۵) (۱/۱۲۲۷) (۱/۱۲۲۹) (۱/۱۲۳۱) (۱/۱۲۳۳) (۱/۱۲۳۵) (۱/۱۲۳۷) (۱/۱۲۳۹) (۱/۱۲۴۱) (۱/۱۲۴۳) (۱/۱۲۴۵) (۱/۱۲۴۷) (۱/۱۲۴۹) (۱/۱۲۵۱) (۱/۱۲۵۳) (۱/۱۲۵۵) (۱/۱۲۵۷) (۱/۱۲۵۹) (۱/۱۲۶۱) (۱/۱۲۶۳) (۱/۱۲۶۵) (۱/۱۲۶۷) (۱/۱۲۶۹) (۱/۱۲۷۱) (۱/۱۲۷۳) (۱/۱۲۷۵) (۱/۱۲۷۷) (۱/۱۲۷۹) (۱/۱۲۸۱) (۱/۱۲۸۳) (۱/۱۲۸۵) (۱/۱۲۸۷) (۱/۱۲۸۹) (۱/۱۲۹۱) (۱/۱۲۹۳) (۱/۱۲۹۵) (۱/۱۲۹۷) (۱/۱۲۹۹) (۱/۱۳۰۱) (۱/۱۳۰۳) (۱/۱۳۰۵) (۱/۱۳۰۷) (۱/۱۳۰۹) (۱/۱۳۱۱) (۱/۱۳۱۳) (۱/۱۳۱۵) (۱/۱۳۱۷) (۱/۱۳۱۹) (۱/۱۳۲۱) (۱/۱۳۲۳) (۱/۱۳۲۵) (۱/۱۳۲۷) (۱/۱۳۲۹) (۱/۱۳۳۱) (۱/۱۳۳۳) (۱/۱۳۳۵) (۱/۱۳۳۷) (۱/۱۳۳۹) (۱/۱۳۴۱) (۱/۱۳۴۳) (۱/۱۳۴۵) (۱/۱۳۴۷) (۱/۱۳۴۹) (۱/۱۳۵۱) (۱/۱۳۵۳) (۱/۱۳۵۵) (۱/۱۳۵۷) (۱/۱۳۵۹) (۱/۱۳۶۱) (۱/۱۳۶۳) (۱/۱۳۶۵) (۱/۱۳۶۷) (۱/۱۳۶۹) (۱/۱۳۷۱) (۱/۱۳۷۳) (۱/۱۳۷۵) (۱/۱۳۷۷) (۱/۱۳۷۹) (۱/۱۳۸۱) (۱/۱۳۸۳) (۱/۱۳۸۵) (۱/۱۳۸۷) (۱/۱۳۸۹) (۱/۱۳۹۱) (۱/۱۳۹۳) (۱/۱۳۹۵) (۱/۱۳۹۷) (۱/۱۳۹۹) (۱/۱۴۰۱) (۱/۱۴۰۳) (۱/۱۴۰۵) (۱/۱۴۰۷) (۱/۱۴۰۹) (۱/۱۴۱۱) (۱/۱۴۱۳) (۱/۱۴۱۵) (۱/۱۴۱۷) (۱/۱۴۱۹) (۱/۱۴۲۱) (۱/۱۴۲۳) (۱/۱۴۲۵) (۱/۱۴۲۷) (۱/۱۴۲۹) (۱/۱۴۳۱) (۱/۱۴۳۳) (۱/۱۴۳۵) (۱/۱۴۳۷) (۱/۱۴۳۹) (۱/۱۴۴۱) (۱/۱۴۴۳) (۱/۱۴۴۵) (۱/۱۴۴۷) (۱/۱۴۴۹) (۱/۱۴۵۱) (۱/۱۴۵۳) (۱/۱۴۵۵) (۱/۱۴۵۷) (۱/۱۴۵۹) (۱/۱۴۶۱) (۱/۱۴۶۳) (۱/۱۴۶۵) (۱/۱۴۶۷) (۱/۱۴۶۹) (۱/۱۴۷۱) (۱/۱۴۷۳) (۱/۱۴۷۵) (۱/۱۴۷۷) (۱/۱۴۷۹) (۱/۱۴۸۱) (۱/۱۴۸۳) (۱/۱۴۸۵) (۱/۱۴۸۷) (۱/۱۴۸۹) (۱/۱۴۹۱) (۱/۱۴۹۳) (۱/۱۴۹۵) (۱/۱۴۹۷) (۱/۱۴۹۹) (۱/۱۵۰۱) (۱/۱۵۰۳) (۱/۱۵۰۵) (۱/۱۵۰۷) (۱/۱۵۰۹) (۱/۱۵۱۱) (۱/۱۵۱۳) (۱/۱۵۱۵) (۱/۱۵۱۷) (۱/۱۵۱۹) (۱/۱۵۲۱) (۱/۱۵۲۳) (۱/۱۵۲۵) (۱/۱۵۲۷) (۱/۱۵۲۹) (۱/۱۵۳۱) (۱/۱۵۳۳) (۱/۱۵۳۵) (۱/۱۵۳۷) (۱/۱۵۳۹) (۱/۱۵۴۱) (۱/۱۵۴۳) (۱/۱۵۴۵) (۱/۱۵۴۷) (۱/۱۵۴۹) (۱/۱۵۵۱) (۱/۱۵۵۳) (۱/۱۵۵۵) (۱/۱۵۵۷) (۱/۱۵۵۹) (۱/۱۵۶۱) (۱/۱۵۶۳) (۱/۱۵۶۵) (۱/۱۵۶۷) (۱/۱۵۶۹) (۱/۱۵۷۱) (۱/۱۵۷۳) (۱/۱۵۷۵) (۱/۱۵۷۷) (۱/۱۵۷۹) (۱/۱۵۸۱) (۱/۱۵۸۳) (۱/۱۵۸۵) (۱/۱۵۸۷) (۱/۱۵۸۹) (۱/۱۵۹۱) (۱/۱۵۹۳) (۱/۱۵۹۵) (۱/۱۵۹۷) (۱/۱۵۹۹) (۱/۱۶۰۱) (۱/۱۶۰۳) (۱/۱۶۰۵) (۱/۱۶۰۷) (۱/۱۶۰۹) (۱/۱۶۱۱) (۱/۱۶۱۳) (۱/۱۶۱۵) (۱/۱۶۱۷) (۱/۱۶۱۹) (۱/۱۶۲۱) (۱/۱۶۲۳) (۱/۱۶۲۵) (۱/۱۶۲۷) (۱/۱۶۲۹) (۱/۱۶۳۱) (۱/۱۶۳۳) (۱/۱۶۳۵) (۱/۱۶۳۷) (۱/۱۶۳۹) (۱/۱۶۴۱) (۱/۱۶۴۳) (۱/۱۶۴۵) (۱/۱۶۴۷) (۱/۱۶۴۹) (۱/۱۶۵۱) (۱/۱۶۵۳) (۱/۱۶۵۵) (۱/۱۶۵۷) (۱/۱۶۵۹) (۱/۱۶۶۱) (۱/۱۶۶۳) (۱/۱۶۶۵) (۱/۱۶۶۷) (۱/۱۶۶۹) (۱/۱۶۷۱) (۱/۱۶۷۳) (۱/۱۶۷۵) (۱/۱۶۷۷) (۱/۱۶۷۹) (۱/۱۶۸۱) (۱/۱۶۸۳) (۱/۱۶۸۵) (۱/۱۶۸۷) (۱/۱۶۸۹) (۱/۱۶۹۱) (۱/۱۶۹۳) (۱/۱۶۹۵) (۱/۱۶۹۷) (۱/۱۶۹۹) (۱/۱۷۰۱) (۱/۱۷۰۳) (۱/۱۷۰۵) (۱/۱۷۰۷) (۱/۱۷۰۹) (۱/۱۷۱۱) (۱/۱۷۱۳) (۱/۱۷۱۵) (۱/۱۷۱۷) (۱/۱۷۱۹) (۱/۱۷۲۱) (۱/۱۷۲۳) (۱/۱۷۲۵) (۱/۱۷۲۷) (۱/۱۷۲۹) (۱/۱۷۳۱) (۱/۱۷۳۳) (۱/۱۷۳۵) (۱/۱۷۳۷) (۱/۱۷۳۹) (۱/۱۷۴۱) (۱/۱۷۴۳) (۱/۱۷۴۵) (۱/۱۷۴۷) (۱/۱۷۴۹) (۱/۱۷۵۱) (۱/۱۷۵۳) (۱/۱۷۵۵) (۱/۱۷۵۷) (۱/۱۷۵۹) (۱/۱۷۶۱) (۱/۱۷۶۳) (۱/۱۷۶۵) (۱/۱۷۶۷) (۱/۱۷۶۹) (۱/۱۷۷۱) (۱/۱۷۷۳) (۱/۱۷۷۵) (۱/۱۷۷۷) (۱/۱۷۷۹) (۱/۱۷۸۱) (۱/۱۷۸۳) (۱/۱۷۸۵) (۱/۱۷۸۷) (۱/۱۷۸۹) (۱/۱۷۹۱) (۱/۱۷۹۳) (۱/۱۷۹۵) (۱/۱۷۹۷) (۱/۱۷۹۹) (۱/۱۸۰۱) (۱/۱۸۰۳) (۱/۱۸۰۵) (۱/۱۸۰۷) (۱/۱۸۰۹) (۱/۱۸۱۱) (۱/۱۸۱۳) (۱/۱۸۱۵) (۱/۱۸۱۷) (۱/۱۸۱۹) (۱/۱۸۲۱) (۱/۱۸۲۳) (۱/۱۸۲۵) (۱/۱۸۲۷) (۱/۱۸۲۹) (۱/۱۸۳۱) (۱/۱۸۳۳) (۱/۱۸



می‌باشد (شکل ۴).

### نتایج آنالیز حرارتی DSC

به منظور بررسی تأثیر نانوذره بر کریستالینیتی و دمای ذوب وب نانوالیاف از آنالیز گرمایی DSC استفاده شد. شکل ۵ منحنی DSC مربوط به نانوالیاف PCL بدون نانوذره شیشه زیست فعال و نانوالیاف حاوی درصدهای مختلف نانوذره را نشان می‌دهد. نانوذرات شیشه زیست فعال به کار رفته در این تحقیق ساختار آمورف داشته و در محدوده گرمایی بکار رفته در این آزمایش متحمل هیچ گونه تغییری نمی‌گردند [۶]. چنانچه از شکل ۵ مشخص است، نمودار DSC وب نانوالیاف بدون نانوذره دارای یک پیک گرمایی در حدود ۶۰ درجه سانتیگراد می‌باشد که مربوط به ذوب PCL است و همانطور که مشخص است همین پیک در نانوالیاف حاوی نانوذره نیز مشاهده می‌شود با این تفاوت که مکان پیک اندکی جابجا گشته است. نتایج DSC نشان می‌دهد که با افزایش درصد نانوذره دمای ذوب نانوالیاف روند مشخصی را نداشته است اما درجه کریستالینیتی پلیمر از ۸۹/۵۷٪ به ۶۵/۱۳٪ افزایش داشته است. می‌توان گفت نانوذرات شیشه زیست فعال باعث افزایش کریستالینیتی نانوالیاف می‌شوند که این به دلیل خاصیت هسته‌زایی نانوذرات در بستر پلیمر می‌باشد [۷].

### بررسی تأثیر درصد نانوذرات بر نرخ رهایش دارو

شکل ۶ پروفایل رهایش دارو از وب نانوالیاف حاوی مقادیر مختلف BG را نشان می‌دهد. همان گونه که مشخص است وب نانوالیاف PCL بدون نانوذره در

cp ۱۷۰/۴ افزایش یافته است. این چنین نتایجی توسط فوجیهارا و همکارانش بدست آمد، آنها مشاهده کردند که حضور نانوذرات کلسیم کربنات در محلول پلیمری PCL، ویسکوزیته‌ی محلول پلیمری را افزایش می‌دهد [۴]. اینشتین سال‌ها پیش بیان کرد که حضور ذرات سخت غیرواکنش‌دهنده، ویسکوزیته‌ی برشی سوسپانسیون‌های رقیق را نسبت به محلول خالص افزایش می‌دهد [۵].

روند تغییر میانگین قطری نانوالیاف PCL با افزایش درصد نانوذرات BG در نمودار شکل ۳ آورده شده است و شکل ۲ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف PCL با درصدهای مختلف نانوذرات BG را با بزرگمایی ۸۰۰۰ نشان می‌دهد.

همان طور که مشخص است میانگین قطر نانوالیاف با افزایش درصد نانوذرات تا ۲۰ درصد از ۴۱۱ نانومتر به ۴۸۳ نانومتر افزایش یافته است. همانطور که می‌دانیم ویسکوزیته‌ی محلول الکترونیسی یکی از پارامترهای تأثیرگذار بر قطر و مورفولوژی الیاف حاصله می‌باشد. لذا هر یک از پارامترهایی که قابلیت تأثیرگذاری بر ویسکوزیته‌ی محلول را دارند، می‌توانند نقشی حائز اهمیت بر فرآیند الکترونیسی و مورفولوژی الیاف حاصل داشته باشند.

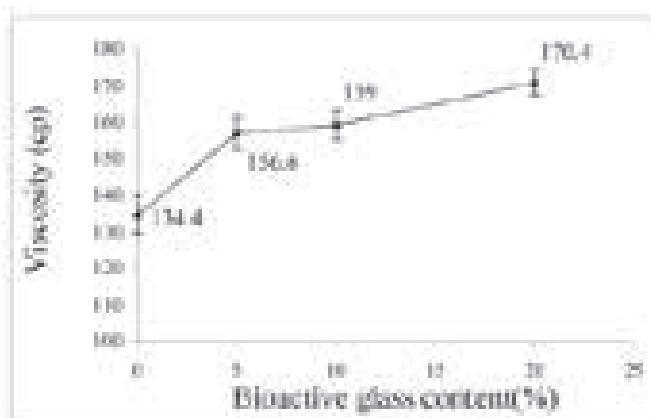
طیف‌های FTIR پیک‌های جدید را (۴۵۶، ۵۶۵، ۸۰۳ و ۸۶۱  $\text{cm}^{-1}$ ) در طیف وب نانوالیاف حاوی نانوذره نسبت به وب نانوالیاف بدون نانوذره نشان می‌دهد که این پیک‌ها در طیف نانوذرات شیشه نیز وجود دارد [۶]. که نشان‌دهنده‌ی حضور نانوذرات در بستر نانوالیاف

تصاویر SEM به منظور بررسی مورفولوژی و اندازه‌گیری قطر الیاف از سطح وب نانوالیاف گرفته شد و میانگین قطر ۱۰۰ لیف در هر اندازه‌گیری، توسط نرم افزار Microstructure Measurement تعیین گردید. آنالیز FTIR به منظور تأیید حضور نانوذرات در بستر نانوالیاف بر روی نانوالیاف بدون نانوذره و حاوی نانوذره و نانوذرات BG صورت گرفت. آنالیز حرارتی DSC با حرارت دادن وب نانوالیاف با نرخ  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  از ۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد برای ارزیابی کریستالینیتی نانوالیاف حاوی مقادیر مختلف نانوذره صورت گرفت. نرخ رهایش دارو در محیط بافر فسفات با  $\text{pH}=7.4$  به عنوان فاز گیرنده، در دمای  $37/5$  درجه سانتیگراد مورد مطالعه قرار گرفت و مقدار داروی حل شده در این محیط در زمان‌های مختلف با استفاده از اسپکتروفوتومتر UV-Vis، مدل ۱۲۴۰ UVmini تعیین شد، بدین صورت که میزان جذب UV محلول بافر فسفات حاوی نمونه در طول موج جذب ماکزیموم دارو، در زمان‌های مختلف خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد جذب، غلظت دارو در هر محلول محاسبه شد.

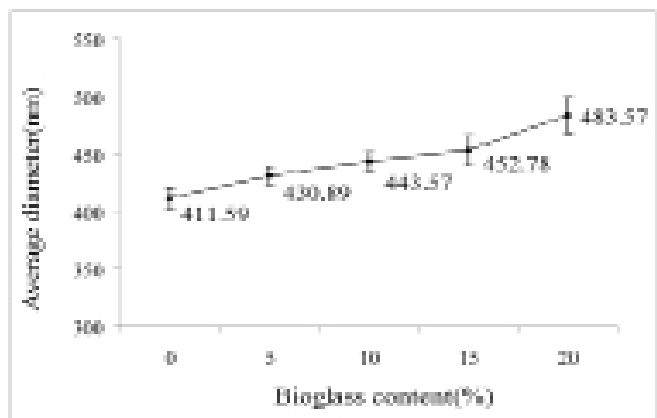
### نتایج و بحث

#### بررسی تأثیر درصد نانوذره بر ویسکوزیته‌ی محلول پلیمری و قطر نانوالیاف

نتایج مربوط به اندازه‌گیری ویسکوزیته‌ی محلول پلی‌کاپرولاکتون حاوی درصدهای مختلف نانوذرات شیشه زیست فعال در شکل ۱ آمده است، چنانچه مشخص است با افزایش درصد نانوذره تا ۲۰٪ نسبت به وزن پلیمر، ویسکوزیته‌ی محلول از ۱۳۴/۴ به



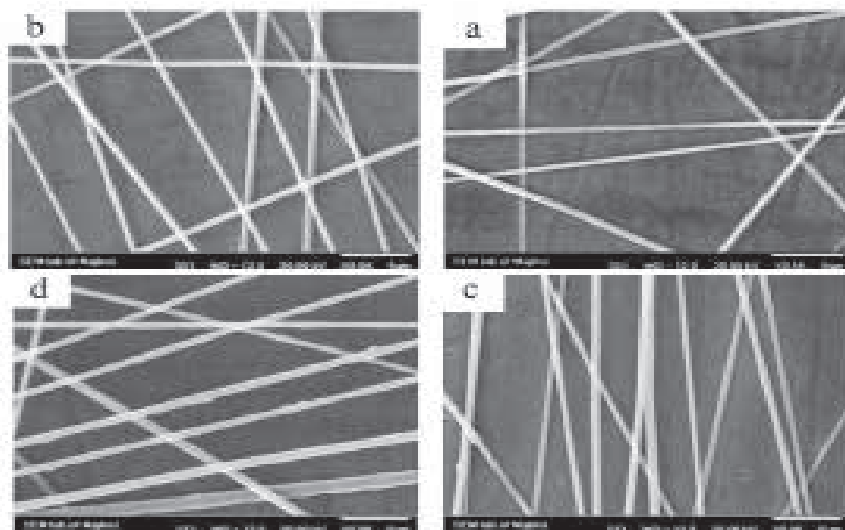
شکل ۱. نمودار ویسکوزیته‌ی محلول PCL با درصدهای مختلف نانوذره



شکل ۲. روند تغییرات قطر نانوالیاف با افزایش درصد نانوذره



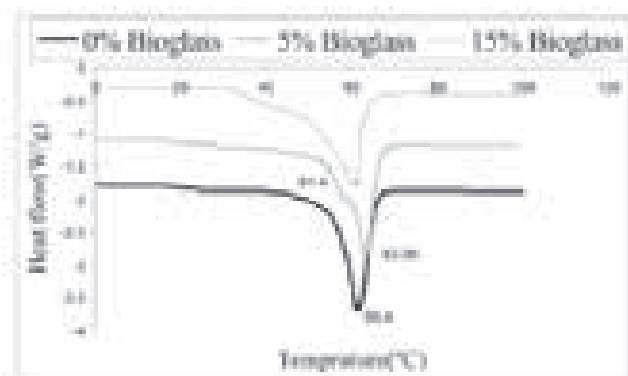
بدون نانوذره شیشه زیست فعال، مرحله اول رهایش دارو که شامل انتشار از ماتریس پلیمری بوده در ابتدا بدلیل زیاد بودن غلظت دارو در نزدیکی مرز پلیمر و محیط رهایش، سریعتر بوده و به مرور زمان با افزایش طول انتشار سرعت رهایش کاهش می‌یابد، فاز دوم رهایش که شامل انتشار از حفره‌های شکل گرفته در پلیمر در اثر تخریب هیدرولیتیکی می‌باشد، بدلیل کریستالینیتی و طبیعت آبگریز پلی‌کاپرولاکتون و در نتیجه امکان نفوذ کم مولکول‌های آب، کم بوده و درصد کل داروی آزاد شده در مدت زمان رهایش کم می‌باشد. با توجه به نتایجی که در بخش ۳-۱- بدست آمد با افزایش درصد نانوذره قطر لیاف افزایش می‌یابد و بدلیل اینکه فاز اولیه رهایش، انتشار از بستر پلیمر می‌باشد با افزایش قطر لیاف طول انتشار بیشتر شده و مولکول‌های دارو مسیر بیشتری را طی می‌کنند تا وارد محیط رهایش گردند. همچنین نتایج آنالیز DSC نشان داد که حضور ذرات شیشه کریستالینیتی پلیمر را افزایش می‌دهد و بدلیل اینکه نفوذ دارو از پلیمرهای کریستالی مشکل می‌باشد [۱۰]، در ابتدا نرخ رهایش کاهش می‌یابد. اما با توجه به اینکه نانوذرات شیشه زیست فعال در محیط‌های فیزیولوژی هیدرولیز می‌شود، در نتیجه آبدوست بوده و حضور این ذرات نفوذ آب به بستر پلیمر را افزایش داده و باعث افزایش نرخ تخریب پذیری می‌گردد. تخریب مواد باعث ایجاد کانال‌هایی در ساختار پلیمر شده و انتشار دارو به بیرون راحت‌تر صورت می‌گیرد، در نتیجه در فاز دوم رهایش که شامل انتشار دارو از حفره‌های ایجاد شده در اثر تخریب می‌باشد، داروی بیشتری آزاد می‌گردد. بطور کل می‌توان گفت با افزایش درصد شیشه زیست فعال تماس سطحی نانوذرات و پلیمر بیشتر شده و ساختار



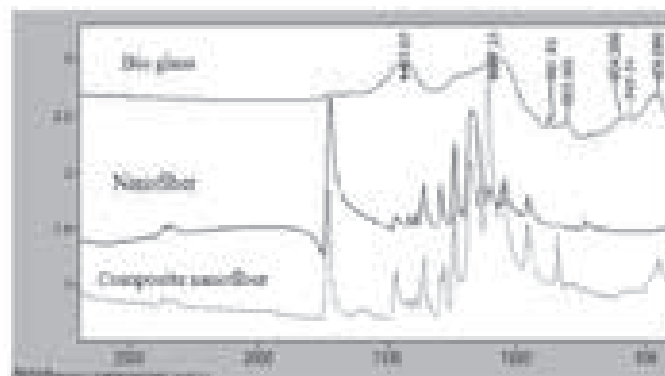
شکل ۳. تصاویر SEM نانوالیاف PCL حاوی درصدهای مختلف نانوذرات BG بدون حضور نانوذره، (a) ۱۰٪، (b) ۱۵٪، (c) ۲۰٪ نانوذره

سایر پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر، نرخ تخریب‌پذیری بسیار پایینی دارد و تخریب کامل آن نزدیک به دو سال طول می‌کشد [۳]، از طرفی سیموآستاتین که در این تحقیق به عنوان داروی بازساز استخوان به کار رفته است، بسیار آبگریز بوده و حلالیت آن در آب ۰/۰۳ گرم بر لیتر می‌باشد [۸]. بدلیل سازگاری بالایی که دارو و پلیمر از نظر آبدوستی دارند، توزیع دارو در بستر نانوالیاف پلیمری یکنواخت بوده، در نتیجه میزان کل رهایش پایین می‌باشد زیرا رهایش داروهای آبگریز از پلیمرهای کریستالی و آبگریز به علت نفوذ کم، مشکل می‌باشد. مکانیسم رهایش دارو از بستر پلیمری می‌تواند یک پروسه دوفازی باشد. فاز اول شامل انتشار از ماتریس پلیمری و فاز بعدی شامل انتشار از حفره‌های شکل گرفته در پلیمر [۹]، در وب نانو-الیاف پلی‌کاپرولاکتون

ابتدا دارای رهایش سریعتری بوده و به مرور زمان نرخ رهایش دارو کاهش یافته و بعد از گذشت ۱۸۰ دقیقه از زمان قرارگیری در محیط رهایش، تنها ۵۶/۱ درصد دارو آزاد شده است. با افزودن نانوذره به لیاف و تولید نانوالیاف کامپوزیتی نرخ رهایش دارو در ابتدا کمتر بوده و با گذشت زمان، مقدار داروی بیشتری آزاد گشته است. بطوریکه درصد داروی آزاد شده از وب نانوالیاف حاوی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪ نانوذره وزنی نسبت به وزن پلیمر بعد از گذشت ۱۸۰ دقیقه از زمان قرارگیری در محیط رهایش به ترتیب برابر ۷۴، ۷۹/۴، ۸۴ و ۸۶/۶ نسبت به کل داروی بارگیری شده می‌باشد. این نتایج را می‌توان این‌گونه توجیه کرد، پلی‌کاپرولاکتون یک پلیمر زیست تخریب‌پذیر آبگریز و نیمه کریستالی می‌باشد که به دلیل ساختار پلیمری کریستالی و آبگریزی آن، نسبت به



شکل ۵. منحنی DSC وب نانوالیاف حاوی درصدهای مختلف نانوذره



شکل ۴. طیف FTIR نانوالیاف، کامپوزیت نانوالیاف و نانوذرات شیشه





bioglass coating for biocompatibility improvement of metallic implant”, journal of materials processing technology, Vol. 209, 1385–1391, 2009.

7. Bianco, A., Di Federico, E., Moscatelli, I., "Electrospun poly( $\epsilon$ -caprolactone)/Ca deficient hydroxyapatite nanohybrids: Microstructure, mechanical properties and cell response by murine embryonic stem cells", Materials Science and Engineering, Vol 29, pp 2063–2071, 2009.

8. Moffat, A.C., Osselton, M.D., Widdop, B., "Clarke's Analysis of Drugs and Poisons", Third edition, Chicago, Pharmaceutical press, 2004.

9. Huang, Z., Chuang-Long H., Yang, A., Zhang, Y., "Encapsulating drugs in biodegradable ultrafine fibers through co-axial electrospinning", Journal of Biomed Mater Res., Vol. 77A, pp. 169–179, 2006.

10. Maretschek, S., Greiner, A., Kissel, T., "Electrospun biodegradable nanofiber nonwovens for controlled release of proteins", Journal of Controlled Release, Vol. 127, pp 180–187, ۲۰۰۸.

Ramakrishna, S., "A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites", Composites Science and Technology, Vol 63, pp. 2223-2253, 2003.

2. Jeon, J.H., Puleo, D.A., "Alternating release of different bioactive molecules from a complexation polymer system", Biomaterials, Vol. 29, pp 3591–3598, 2008.

3. Kweon, H., Yoo, M.K., KyuPark, I., Kim, T.H., Lee, H.C., "A novel degradable polycaprolactone networks for tissue engineering", Biomaterials, Vol. 24, pp 801–808, 2003.

4. Fujihara, K., Kotaki, M., Ramakrishna, S., "Guided bone regeneration membrane made of polycaprolactone/calcium carbonate composite nano-fibers", Biomaterials, Vol. 26, pp. 4139–4147, 2005.

5. Wutticharoenmongkol, P., Sanchavanakit, N., "Preparation and Characterization of Novel Bone Scaffolds Based on Electrospun Polycaprolactone Fibers Filled with Nanoparticles", Macromol Biosci., Vol 6, pp. 70–77, 2006.

6. Fathi, M.H., Doostmohammadi, A., "Bioactive glass nanopowder and

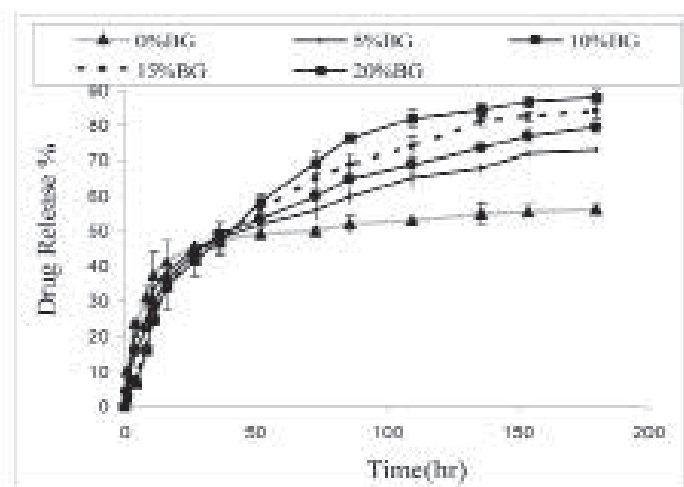
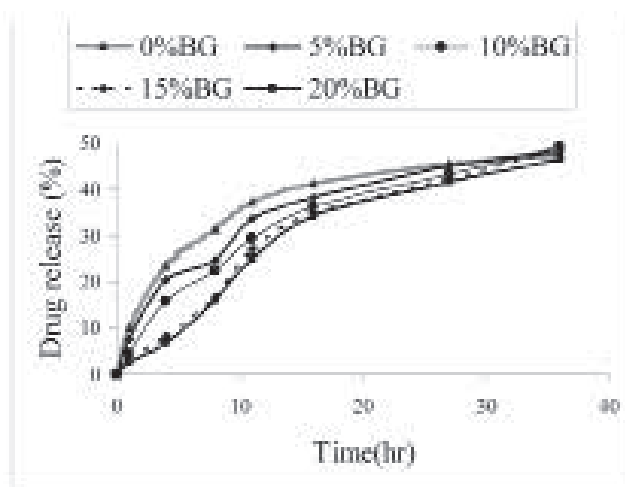
پلیمر بازتر می گردد.

### نتیجه گیری

رهایش کنترل شده یک پروسه مؤثر دارورسانی در درمان های پزشکی می باشد که می تواند سینتیک دارورسانی را متعادل کند، سمیت و واکنش های جانبی را به حداقل برساند و باعث راحتی بیمار گردد. به عنوان سیستم های رهایش دارو، نانوالیاف الکترورسی شده مزایای بسیاری دارند. پروفایل رهایش می تواند توسط مورفولوژی نانوالیاف، تخلخل و نوع ترکیب نانوالیاف کنترل گردد در این تحقیق نانوالیاف کامپوزیتی PCL حاوی نانوذرات شیشه زیست فعال و داروی سیمواستاتین تولید شد. نتایج FTIR حضور نانوذرات را در بستر نانوالیاف تأیید کرد و نتایج DSC نشان داد که حضور نانوذرات، کریستالینیتی نانوالیاف را افزایش می دهد. بر اساس نتایج بدست آمده از رهایش دارو مشخص شد که میزان کل داروی آزاد شده از نانوالیاف حاوی نانوذرات بیشتر از نانوالیاف PCL خالص می باشد و این پارامتر با افزایش درصد نانوذره افزایش می یافت. نتایج این تحقیق نشان داد که نانوالیاف PCL حاوی نانوذره توانایی رهایش داروی سیمواستاتین را بصورت کنترل شده دارد و می تواند به عنوان یک سیستم رهایش دارو در بازسازی استخوان مورد استفاده قرار بگیرد.

### مراجع

1. Huang, Z.M., Zhang, Y.Z., Kotaki, M.,



شکل ۶ پروفایل رهایش دارو از وب نانوالیاف. نمودار سمت راست مربوط به زمان رهایش ۱۸۰ ساعت و نمودار سمت چپ مربوط به ۳۸ ساعت اولیه رهایش.



# اصلاح خصوصیات شیمیایی کالای پنبه‌ای با به‌کارگیری نانو ساختار دندریمر پلی پروپیلن ایمین

راضیه اردکانی<sup>۱\*</sup>، رضا محمدعلی مالک<sup>۱</sup>، سامرا سلیم‌پور

چکیده:

نانو ساختار دندریمر پلی پروپیلن ایمین نسل دوم (G2-PPI) با استفاده از اتصال‌دهنده سیتریک اسید به روش پد-خشک-پخت بر روی پارچه پنبه‌ای اتصال یافت. با استفاده از آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) گروه‌های شکل گرفته بر سطح کالای پنبه‌ای شناسایی شدند. نتایج حاصل از آزمایش‌های میکروسکوپ الکترونی بومیشی (SEM) و آنالیز نیتروژن محتوی (N-content) حضور نانو ساختار دندریمر پلی پروپیلن ایمین بر روی کالای پنبه‌ای را تأیید می‌کنند. علاوه بر این، میزان جذب رنگ کالای پنبه‌ای اصلاح شده با استفاده از دو کلاس رنگزاهای آنیونیک (مستقیم) و کاتیونیک (بازیک) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، خصوصیات فیزیکی نظیر: استحکام، شاخص سفیدی، زاویه بازگشت از چروک نمونه‌ها ارزیابی شدند.

## مقدمه

نانو ساختارهای دندریمری دسته‌ای از ماکرومولکول‌ها هستند که دارای ساختاری با شاخه‌های زیاد، بسیار منظم و تعداد زیادی گروه‌های انتهایی بوده و فضای بین این شاخه‌ها آماده پذیرفتن مولکول‌های میهمان می‌باشند. دندریمرها بدلیل ساختار مولکولی شان در مقایسه با پلیمرهای خطی، خواص شیمیایی و فیزیکی متفاوتی را از خود نشان می‌دهند. دندریمرها برخلاف پلیمرهای خطی، ماکرومولکول‌های منو دیسپرس می‌باشند [۳-۱]. این نانو ساختارها بخاطر شکل کروی و حضور حفره‌های داخلی‌شان، خواص منحصر به فردی دارند که مهمترین آن پذیرایی از مولکول‌های میهمان در داخل ماکرومولکول است [۲].

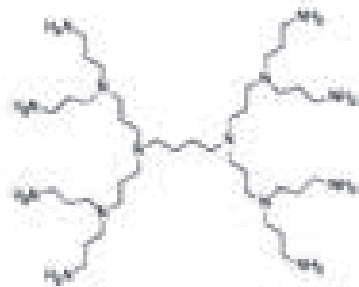
ویژگی‌های منحصر به فرد نانو ساختارهای دندریمری باعث کاربرد آنها در صنایع مختلف از جمله صنعت نساجی شده است. دندریمرها در زمینه نساجی به عنوان اصلاح‌کننده لیاف سلولزی به کار برده شده‌اند. در مورد دندریمرهای پلی آمیدوآمین تحقیقات نشان داده است که این دندریمرها می‌توانند تحت pH مناسب اجازه رنگرزی بدون الکترولیت را نیز بدهند

[۴ و ۵]. در تحقیقی دیگر [۶] برای دستیابی به

تکنولوژی رنگرزی بدون نمک کالای پنبه‌ای با رنگزای راکتیو، یک پلیمر پرشاخه (هایپربرنچد) دارای گروه‌های انتهایی آمین (HBP-NH) را به شیوه اکسیداسیون با پریدات سدیم به لیف پنبه متصل نمودند.

## روش تحقیق

در تمامی آزمایشات از پارچه صد در صد پنبه ای (تولید کارخانه بروجرد)، نانو ساختار دندریمر پلی پروپیلن ایمین نسل دوم (شکل ۱) (اهدایی از شرکت Sympo-chem BV)، سیتریک اسید، سدیم هیپوفسفیت (Merck) و رنگزاهای مستقیم (Solophenyl Red3BL) و بازیک (Maxilon Blue 5G) (ساخت شرکت Ex-Ciba) استفاده شده است. ابتدا، کالاهای پنبه ای در محلولی حاوی نانو ساختار دندریمر، سیتریک اسید و سدیم هیپوفسفیت (نسبت مولی ۱:۲:۵) به مدت یک دقیقه قرار داده شدند. سپس، نمونه‌ها با برداشت ۸۰٪ پد شدند و در استنتر با دمای ۸۰ °C به مدت ۵ دقیقه خشک گردیدند. نهایتاً، نمونه‌ها در دمای ۱۶۰ °C و به مدت



شکل ۱. نانو ساختار دندریمر G2-PPI.

به منظور بررسی میزان جذب رنگ، نمونه‌های اصلاح شده بدون استفاده از مواد کمکی و مطابق روش‌های رایج رنگرزی با رنگزاهای مستقیم و بازیک، تحت پروسه رنگرزی قرار گرفتند (L:R ۵۰:۱، ۵۰wف، ٪). سپس، قدرت رنگی (K/S) نمونه‌های رنگرزی شده بر اساس رابطه کیوبلکامانک [۷] (معادله ۱) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتری انعکاسی Color Eye ۷۰۰۰/Gretag-Macbeth محاسبه شد:

$$K/S = (1 - R)^2 / R^2 \quad (1)$$

۲،۱ دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران  
\* Razieh\_10@yahoo.com