

بسمه تعالی



دانشکده مهندسی مواد

سمینار دفاع از پایان نامه دکتری - گرایش نانو مواد

با عنوان

شبیه‌سازی، ساخت و مشخصه‌یابی چیپ‌های میکروسیال‌های اکتیو دی‌الکتروفوریتیک به منظور جداسازی و تمایز وزیکول‌های خارج سلولی در ابعاد نانو

ارائه دهنده: شیوا کریمی

زمان (تاریخ و ساعت): شنبه ۱۴۰۴/۰۷/۲۶ ساعت ۱۱

مکان: سالن سمینار دانشکده مواد

اعضای کمیته داوری

اساتید راهنما: دکتر عباس بهرامی، دکتر مینا میریان

اساتید داور: دکتر فتح‌اله کریم‌زاده، دکتر علیرضا علاءچیان، دکتر

آزاده طاهری

چکیده

وزیکول‌های خارج سلولی (EVs) به‌عنوان نانوذرات زیستی ناهمگن، به دلیل نقش محوری در فرآیندهای تشخیصی، ردیابی و درمانی، در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده‌اند. در این پژوهش، آگزوزوم‌های مشتق شده از شیر انسان به‌عنوان منبعی غنی از عوامل زیستی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به دلیل ساختار پیچیده و محتوای بیولوژیک غنی شیر انسان، آگزوزوم‌های آن ظرفیت درمانی قابل توجهی برای طیف وسیعی از بیماری‌ها دارند. برای جداسازی و ردیابی این نانوذرات روش دی‌الکتروفورز به‌عنوان روشی دقیق و غیرنیازمند به بیومارکر، با حداقل تخریب مکانیکی و توانایی جداسازی مبتنی بر ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی ذرات، رویکردی نوآورانه و امیدوارکننده معرفی می‌شود. در این پژوهش برای ساخت تراشه میکروفلویدیکی، از روش فوتولیتوگرافی با دو ماسک (الکترودهای شانه‌ای و دایره‌ای) همراه با فرآیندهای لایه‌نشانی (PECVD) و اسپاترینگ استفاده شد. ساختار تراشه توسط تصویربرداری اپتیکی، میکروسکوپ الکترونی، میکروسکوپ نیروی اتمی و پراش پرتو ایکس مورد تحلیل قرار گرفت. برای ارزیابی توان جداسازی تراشه، آگزوزوم‌های شیر انسان با رنگ فلورسنت PKH26 و بیومارکر اختصاصی CD63-FITC نشان‌گذاری و در حجم $10 \mu\text{l}$ به سامانه تزریق شدند. در فاز نخست، فرآیند طراحی و بهینه‌سازی چیپ با بهره‌گیری از نرم‌افزار شبیه‌سازی کامسول و بر اساس تحلیل المان محدود انجام شد. نتایج شبیه‌سازی توزیع میدان الکتریکی و رفتار چگالی جریان نشان داد که استفاده از الکترودهای شانه‌ای در کنار آرایه میکروالکترودهای دایره‌ای در یک آرایش مثلثی منظم، شرایطی پایدار و مناسب برای ایجاد گرادیان الکتریکی مطلوب و به تبع آن جداسازی مؤثر ذرات نانومتری فراهم می‌کند. اعتبارسنجی تجربی سامانه نیز هم‌راستا با شبیه‌سازی‌ها نشان داد که شرایط عملیاتی بهینه در فرکانس 5 kHz و ولتاژ 7 Vpp حاصل شده و در این شرایط، بازدهی جداسازی حدود 70% به دست آمد. این نتایج بیانگر همگرایی قابل توجه میان پیش‌بینی‌های شبیه‌سازی و یافته‌های تجربی بوده و کارایی طراحی پیشنهادی تراشه را در جداسازی وزیکول‌های خارج سلولی تأیید می‌کند. با توجه به پتانسیل درمانی و تشخیصی آگزوزوم‌های شیر انسان، توسعه تراشه‌های میکروفلویدیکی مبتنی بر دی‌الکتروفورز می‌تواند مسیر نوینی برای جداسازی و ردیابی این نانوذرات فراهم کند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از میکروالکترودهای شانه‌ای و دایره‌ای بهینه‌شده می‌تواند گامی مؤثر در جهت ارتقای کارایی جداسازی و کاهش نیاز به روش‌های پرهزینه و تهاجمی متداول باشد.

کلمات کلیدی: وزیکول‌های خارج سلولی، آرایه‌های میکروالکترودهای جفت‌شده با الکترودهای شانه‌ای، میکروسیال‌ها، سنسور زیستی، آگزوزوم