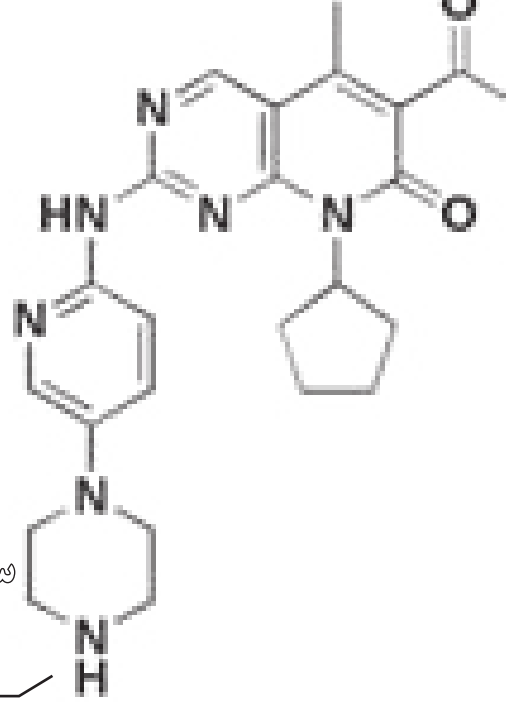


نانو تکنولوژی

ساخت کامپوزیت جدیدی از نانو الیاف چیتوسان / نانو ذرات طلا، جهت بهبود کارایی حسگرهای کلسترول

ترجمه: مهندس سهیلا فراهانی *

چکیده

بیو حسگرهای کلسترولی جدید بوسیله‌ی عدم تحرک chOx (اکسیداز کلسترول) بر روی کامپوزیت نانو الیاف / نانو ذرات طلا به صورت شبکه‌ای ساخته شده‌اند . این ساخت ، شامل آماده سازی نانو الیاف چیتوسان (CSNFS) و به دنبال آن بارگیری الکتروشیمیایی نانو ذرات طلا (AUNPS) می باشد . انتشار الکترون‌های حاصل از میدان الکترومغناطیسی خارجی در میکروسکوپ الکترونی پویشی (FE-SEM) جهت بررسی مورفولوژی CSNFS (با سایزی در حدود ۱۰۰-۵۰ نانومتر) و نانو ذرات طلای کروی مورد استفاده قرار می گیرد. از ولتاژ سنج چرخه‌ای، ولتاژ سنج هیدرودینامیکی و آمپرسنج هیدرودینامیکی جهت بررسی اجزای نانو الیاف چیتوسان –نانو ذرات طلا/ حسگرهای اکسیداز کلسترول استفاده می‌شود. نانو الیاف چیتوسان –نانوذرات طلا/حسگرهای اکسیداز کلسترول بیانگر یک واکنش خطی گسترده در برابر کلسترول (با غلظتی در حدود ۴۵-۱ میکرومتر) ، حساسیت بالا (در حدود ۱/۰۲میکروآمپر/میکرومتر) ، زمان واکنش کم (درحدود تقریبا ۵ ثانیه) و استحکامی بسیار بالا هستند .ترکیب شدن نانو ذرات طلا در داخل نانو الیاف چیتوسان ، طرز کار و ساخت بیو حسگرها را در برابر بازیابی الکترو شیمیایی کلسترول فراهم می سازد .

مقدمه

کلسترول یک پارامتر اصلی و بنیادین در تشخیص بیماری های شریان قلب،تصلب شرایین و دیگر اختلال های بالینی می باشد و در تشخیص خطرات مورد استفاده قرار می گیرد. آنالیزهای بالینی کلسترول در نمونه‌های سرمی، در تشخیص و جلوگیری از عوارضی همچون فشار خون ، سکته های مغزی و حملات قلبی بسیار مهم می باشد. بنابراین بسیار حائز اهمیت است که بیو حسگری را که می‌تواند مناسب باشد و به تشخیص سریع کلسترول بپردازد به طور مورد اطمینانی گسترش دهیم . روش‌های تحلیلی مختلفی جهت تعیین کلسترول برای نمونه‌های کالریمتری ، اسپکترومتریک و الکتروشیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد . در میان این روش ها ،بازیابی الکتروشیمیایی کلسترول با توجه به تشخیص سریع، ساده و ارزان قیمت توجه زیادی را به خود جلب کرده است. بنابراین حسگرهای آمپرسنجی به دلیل حد پایین اکتشاف و پایداری آنزیم‌ها بیشتر مورد توجه هستند، خصوصا اینکه آنزیم هایی که بر پایه ی حسگرهای کلسترولی هستند به دلیل مزایایی چون تثبیت خوب ، حساسیت بالا و محدوده پخش خطی بالا از موقعیت مناسبی در سیستم های بیوحسگری موجود برخوردارند. . اخیرا بسیاری از محققان و زیست شناسان در پی آماده سازی نانو کامپوزیت‌های جدیدتری بوسیله‌ی بیو سازشگرهایی هستند که می توانند به صورت انتخابی افزایش یابند .

در میان بیو سازگارهای ماکرومولکولی طبیعی ، چیتوسان (CS) بیو پلیمری است که از آبزی های مختلف و بیو پلیمر چیتین بدست می آید. الیاف چیتوسان یک قسمتی از الیاف طبیعی را در چندین ویژگی ذاتی مانند بیو سازگاری ممتاز و برجسته ، عدم سمیت ، استحکام مکانیکی بالا، کمپلکس‌های فلزی سخت و خاصیت آبدوستی برای آنزیم ها قرار می‌دهند. نانو الیاف چیتوسان (NFS) ویژگی‌های بسیار قابل توجهی مانند منافذ بسیار ریز و استثنایی همراه با نسبت سطح به حجمی در اندازه‌ی غیر معمولی ، تخلخل بالا و ضخامتی در حدود نانومتری دارند . این ویژگیهای نانو الیاف چیتوسان باعث عدم تحرک آن‌ها شده و برای عملکردهای بیو سنسوری مورد استفاده قرار می گیرند. این مواد بسیار جالب فضای بسیار زیادی را برای بارگیری آنزیم ها و سازگاری محیط‌های کوچک که به استحکام آنزیم ها کمک می کنند، فراهم می نمایند. در این میان چیتوسان (CS) فراهم کننده‌ی یک ارتباط مستقیم ما بین سایت های فعال آنزیم و الکترودها می باشد .

عدم تحرک آنزیم ها در حال حاضر به عنوان یک عامل بسیار مهم رو به افزایش است زیرا استفاده از آنزیم غالبا به علت دسترسی به مقادیر بسیار اندکی از آن‌ها، بی ثباتی و قیمت بالای آنها و هم چنین محدودیت در بهبود اقتصادی این بیوکاتالیست ها از طریق یکی کردن واکنش های تاثیرگذار ، نامناسب است .برای داشتن یک عدم تحرک مناسب برای آنزیم‌ها، بیو سازگارها به عنوان یکی از

مهم‌ترین عوامل کلیدی ، ضروری و لازم هستند که سبب می شوند آنزیم‌ها در ساخت بیو حسگرها مورد استفاده قرار بگیرند .بنابراین افزایش در میزان بیوسازگارها و پشتیبانی از آنها ، سبب ایجاد تغییرات و تبدیلات ظاهری متنوعی می گردد که اغلب به عنوان عاملی جهت جذب، پوشانندگی، خود جمع شوندگی و پلیمرهای پیوند دهنده مورد استفاده قرار می گیرند. در میان این تکنیک ها، نسبت دادن بیو ماکرومولکول‌های طبیعی به سطح پشتیبانی برای شکل دادن عدم تحرک آنزیم های سطح سازگار تقلیدی ، نسبتا مطبوع تر و دارای بازده و بهره وری بیشتری است. در سال های اخیر تمایلی جهت استفاده از موادی که دارای ساختار نانویی هستند ، برای عدم تحرک آنزیم ها بوجود آمده است که در آن نسبت سطح به حجم مواد با سایز نانو می تواند به طور تاثیر گذاری برای بارگیری آنزیم ها افزایش یابد و یک بازده بسیار مناسبی جهت عدم تحرک آنزیم ها بدست آید . نانو الیاف و نانو ذرات هردو برای این منظور کشف شده اند . درمیان نانو ذرات فلزی ، نانو ذرات طلا، استفاده‌ی گسترده ای برای عملکردهای زیستی دارند. نانوذرات طلا تامین کننده ی مناسبی برای افزایش DET ما بین بیو مولکول ها و الکترودها هستند .

در مقاله ی حاضر ، ما نوع جدیدی از کامپوزیت ها ی شبکه ای را تدارک دیده‌ایم (نانو الیاف بیو سازگاربه صورت ترکیبی با نانو ذرات نقره)، که بوسیله ی عدم تحرک اکسیداز کلسترول جهت ساخت حسگرهای کلسترول مورد استفاده قرارمی گیرد . بیوسازگارهای زیستی، به استحکام آنزیم ها کمک می کنند و اغلب خاصیت فعال بودن آن را حفظ می نمایند . با توجه به مزایایی که در بالا برای نانوالیاف چیتوسان و نانو ذرات نقره مطرح شد، ما می‌توانیم از آنها به شکل متحد و یکپارچه ای در ساخت بیو حسگرها استفاده نماییم تا از کمک و همکاری آنها برای بهبود ویژگی های بیو سنسورها استفاده کنیم . با توجه به تحقیقات ما تا به حال یک بیوحسگر کلسترولی مانند آنچه گزارش داده بودیم ایجاد نشده است .

آزمایشات تجربی

مواد مورد نیاز

- اکسیداز کلسترول(CHOX) ۱۰۰umg-۱ که در آن u: واحد آنزیم است
- چیتوسان(CS,C۱۲H۲۴NO۴)
- هیدروژن تتراکلرو اوره (HAUCL۴،۴H۲O)

که همگی از شرکت کره ای sigma تهیه شده اند .

کلسترول ۹۵٪ ، پترولیوم اتر (PE) ، هیدروکلریک اسید ، آمونیوم سولفات (APS)، که از شرکت Aldrich تهیه شده اند. اوریک اسید ، آسکوربیک اسید و استامینوفن که دارای درجه بندی تحلیلی هستند . نمونه های سرمی (خون‌آبه)، که از بیمارستان دانشگاه بین المللی Kyungpook ، Daegu کره جنوبی تهیه شده اند. این سرم (خون آبه) بسیار رقیق است که در آن ۰/۱M محلول بافر فسفات (PBS) با ph=۷ وجود دارد که بدون هیچ گونه معالجه ی قبلی مورد آنالیز قرار گرفته اند . ایندیوم تین اکسید (ITO) که توسط ظروف شیشه ای پوشانده شده است (مقاومت سطح مخصوص آن تقریبا ۰ اهم است) که همگی اینها از شرکت Corning Inc تهیه شده اند .

آماده سازی نانو الیاف چیتوسان(CSNFS) و ساخت الکترود حسگر CSNF-AUNPS/CHOX

به طور کلی ساخت بیو حسگرهای کلسترولی شامل ۳ گام یا مرحله ی اصلی است :

۱- آماده سازی نانو الیاف چیتوسان (CSNFS)

۲- تعیین موقعیت الکترود های نانو ذرات طلا بر روی ایندیوم تین اکسید(ITO) / نانو الیاف چیتوسان (CSNFS)

۳- عدم تحرک اکسیداز کلسترول برروی AUNPS-ITO/CSNF جهت مشاهده ی ITO/CSNF-AUNPS/CHOX (شکل۱)

آماده سازی نانو الیاف چیتوسان

نانو الیاف چیتوسان بوسیله ی روش امولسیون روغن/آب به طور دقیقی در یک مکان دیگرآماده می شوند . ۳ml هیدروکلریک اسید فشرده شده و ۱/۱۴gr APS در ۱۰۰ml آب مقطر حل می شوند و سپس ۱۰۰ml پلی اتیلن به سطح محلول آبی افزوده می گردد. پس از ۱۰ دقیقه برای فاز تثبیت، ۰/۴٪(mol/v) محلول چیتوسان در ۲٪ اسید استیک آبدار با دقت فاز PE افزوده می گردد. تشکیل الیاف چیتوسان در خط اتصال آبی /آلی آب و پترولیوم اتر انجام می شود. این واکنش در دمای اتاق به مدت ۳ روز بدون همزدن انجام می شود . در نهایت رسوب ایجاد شده تفکیک می گردد و توسط آب مقطر برای چندین بار شسته می‌شود تا کلیه ی نا خالصی ها از آن خارج گردند . در نهایت نانو الیاف چیتوسان در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت خشک می شوند .

آماده سازی نانو الیاف چیتوسان – نانو ذرات طلا

ابتدا در حدود ۰/۵ gr از نانو الیاف چیتوسان در ۱۰۰ml اسید استیک ۱٪ حل می شود و تحت برخورد اشعه ی مادون قرمز به مدت ۳۰ دقیقه قرار می‌گیرد. سپس آنها را به داخل هاون ریخته و توسط دسته ی هاون به مدت ۱۰ دقیقه می‌کوبند. سوسپانسیون نانو الیاف چیتوسان بر روی سطح ITO جهت مشاهده‌ی ایندینیوم تین اکسید /نانو الیاف چیتوسان قرار می گیرد و در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک می گردد . نانو ذرات طلا به صورت الکتروشیمیایی به ITO/CSNF از یک محلول HAUCL۴ سپرده می شوند و به‌وسیله ی چرخش های مکرر به پتانسیلی ما بین۱- ۰ ولت دست می یابند . در نتیجه الکترود ITO/CSNF-AUNPS قابل مشاهده خواهد بود .

عدم تحرک اکسیداز کلسترول بر روی نانو الیاف چیتوسان – نانو ذرات طلا

محلول خام اکسیداز کلسترول (CHOX) در محلول بافر فسفات تحت ph =۷ آماده می گردد و به میزان ۱۰ میکرومتر از محلول خام CHOX تهیه شده به طور مطلوبی بر روی ITO/CSNF-AUNPS جهت ساخت الکترود ITO/ CSNF-AUNPS گسترش می یابد. سپس الکترود اصلاح شده‌ی ITO/CSNF-AUNPS/CHOX (یا همان ME) در طول یک شبانه روز در دمای ۴ درجه سانتی گراد جهت عدم تحرک آنزیم ها ، خوابانده می شوند . در نهایت ، الکترود اصلاح شده توسط محلول بافر فسفات با ph=۷ شسته می شود تا آنزیم‌های نا محدود از سطح الکترود خارج گردند .

ابزارها

از انتشار الکترون‌های حاصل از میدان الکترومغناطیسی خارجی در میکروسکوپ الکترونی پویشی برای مورفولوژی (ریخت شناسی) الکترود اصلاح شده استفاده می‌شود. برای این منظور از دستگاه TEOL JSM - LV ۵۶۰۰ استفاده می‌شود که عملکردی در حدود ۲۵KV دارد. اندازه‌گیری الکترو شیمیایی بوسیله‌ی دستگاه قابل حمل پتانسیواستات با قابلیت کنترل کامپیوتری تحت عنوان RS-PDA۱ ، Plam انجام می‌شود.

اندازه گیری الکتروشیمیایی و تعیین کلسترول

آزمایشات الکتروشیمیایی بوسیله‌ی ITO/CSNF-AUNPS/CHOX و استفاده از Ag/Agcl به عنوان الکترود فعال، شمارنده و مرجع انجام می‌شود. ولت‌متر هیدرودینامیکی بوسیله‌ی مجوزهای مربوط به پیش زمینه‌های رایج،

یک مقدار ثابتی را در حدود ۱۰-۵ دقیقه برای پتانسیل نشان می دهد و حالت دائمی آن را بعد از تزریق محلول کلسترولی اندازه می‌گیرد . یک جنبنده‌ی کوچک مغناطیسی و یک مانع به عنوان حامل انتخاب می‌شوند . آمپرمتر اندازه‌گیری خود را در ارتباط با ITO/CSNF-AUNPS/CHOX انجام می دهد و به پتانسیلی در حدود ۰/۳V برای غلظت های مختلف کلسترول و سلول های الکتروشیمیایی دست می یابد . جریان این واکنش آنگونه که در بالا شرح داده شد ثبت می‌گردد:

زمانی که به پتانسیل ۰/۳V رسیدیم، پس از گذشت ۵۰S حالت دائمی و ثابت ایجاد می شود در نتیجه کسری از محلول کلسترولی متواترا افزوده می‌شود و جریان واکنش ثبت و ضبط می گردد .

نتایج و بحث

مورفولوژی

تصاویر گرفته شده توسط (FE-SEM) از نانو الیاف چیتوسان (شکل ۱a) نشان‌دهنده ی وجود و حضور مهره هایی به صورت گره مانند است که تشکیل‌دهنده‌ی الیاف چیتوسان با ضخامتی در محدوده ی تقریبی ۱۰۰-۵۰ نانومتر می باشند . بعلاوه شکل ۱a به صورت واضحی وجود ساختار یکنواخت نانوالیاف چیتوسان را به تصویر می کشد . شکل ۱b حضور ترکیبات محکم و کروی نانو ذرات طلا را بر روی نانو الیاف چیتوسان به صورت شبکه ای همراه با میانگین سایزی در حدود ۵۰۰ نانومتر تا ۱ میکرومتر اثبات می کند .

رفتار الکتروشیمیایی ITO/CSNF-AUNPS/CHOX

طرز کار الکترو شیمیایی الکترودهای ITO، ITO/CSNF و ITO/CSNF-AUNPS/CHOX که درآن ازسیستمی بنام $fe(cN)_6^{3-/-4}$ استفاده شده است، مورد بررسی قرارمی گیرد (شکل ۲) . از این سیستم می توان جهت مشاهده ی کلیه‌ی الکترودهای اصلاح شده استفاده نمود اما با این تفاوت که مقداری اختلاف بین راس ها (قله های) آندی و کاتدی آن ها وجود دارد (ΔEP) .

جریان پیک آندی $fe(cN)_6^{3-/-4}$ بار، حدود ۱/۵ بیشتر از الکترود ساده‌ی ITO است . بنابراین حضور نانو ذرات طلا بر روی سطح شبکه ای ITO/CNF دلیلی بر افزایش فعالیت الکتروکاتالیک آن است . به خوبی می توان دریافت که الیاف چیتوسان یک پلی ساکارید کاتیونی هستند . نانو ذرات طلا به راحتی می توانند به شکل مجتمع بر روی نانو الیاف چیتوسان از بین گروههای NH_2 توسط نیروی الکترواستاتیکی در آیند و در نهایت شارژ منفی بیو مولکول های اکسیداز کلسترول در ph=۷ که به راحتی، منجر به عدم تحرک شارژ مثبت شبکه ای CSNF-AU توسط واکنش الکترو استاتیکی شوند .

ساخت الکترو شیمیایی ITO/CSNF-AUNPS/CHOX-ME بر روی کلسترول

ولت متر چرخه ای (دوره ای)

شکل ۳ نشان دهنده ی نمایشگر CV برای ITO/CSNF-AUNPS/CHOX-ME در PBS با ph=۷ می باشد که غلظت های متفاوتی از کلسترول را ثبت کرده است. پس از افزودن کلسترول (۱μm) ، جریان پیک آندی ۲ بار افزایش می یابد (شکل ۳b) در مقایسه با جریان اکسیداسیون شکل۳a که در آن با فقدان کلسترول مواجه هستیم . شکل۳b-e بیانگر افزایش متوالی کلسترول (۱μm) نسبت به افزایش جریان پیکی مطابق با اکسیداسیون کلسترول است . بنابراین افزایش قابل توجه در جریان پیک‌ها، فراهم کننده‌ی سند و مدرکی از اثر الکتروکاتالیک حسگرهای ITO/CSNF-AUNPS/CHOX-ME نسبت به اکسیداسیون کلسترول است .

ولت سنج هیدرودینامیکی

با توجه به بیشترین کارایی پتانسیل برای بازیابی کلسترول ، اندازه‌گیری ولت متری هیدرودینامیکی در الکترود ITO/CSNF-AUNPS/CHOX اجرا می شود. ولتاگرم هیدرودینامیکی در پتانسیلی بین ۰/۶V-۰/۱V برای محلول کلسترول(۱mMin PBS) و در حسگر ITO/CSNF-AUNPS/CHOX مقداری را ثبت می نماید و مقدار حالت دائمی توسط آن ثبت می گردد (شکل۴). بالا رفتن قابل توجه این جریان در پتانسیلی بالاتر از۰/۳ v+ مشاهده می شود که احتمالا به دلیل بازیابی الکتروکاتالیک کلسترول در شبکه ی بیوحسگرها می‌باشد. بنابراین ۰/۳ v+به عنوان پتانسیل کارکننده برای تعیین کلسترول تنظیم می‌گردد .

واکنش آمپرمتریک

اندازه گیری های آمپرمتری جهت ارزیابی و آنالیز کارایی و اجرای الکترود ITO/CSNF-AUNPS/CHOX نسبت به افزایش غلظت کلسترول در PBS در PH=۷ و در پتانسیل عملیاتی ۰/۳ v+ انجام می گردد .شکل ۵a نشان‌دهنده‌ی واکنش آمپرمتری الکترود ITO/CSNF-AUNPS/CHOX بر روی غلظت کلسترول ، تحت شرایط بهینه ی آزمایشگاهی می‌باشد . با توجه به تزریق کلسترول در هر مدت زمان معین ، میزان سرعت افزایش یافته در جریان ، قابل مشاهده خواهد بود . منحنی کالیبراسیون مربوطه ، در شکل ۵a نشان داده شده است.الکترود ITO/CSNF-AUNPS/CHOX یک نمودار خطی برای کلسترول در محدوده ی وسیعی از غلظت ۱-۴۵μm با ضریب همبستگی ۰/۹۹۹۲ را به نمایش گذاشته است .حساسیت بیو حسگر CUNF-AUNPS/ CHOX در محدوده‌ی (۰۱/۲μA/μM) ، از بیو حسگر گزارش شده برای کلسترول که با کامپوزیت های خود ساخته ی CS یا AUNPS ساخته شده است ، برتر و بیشتر است (جدول ۱) .

بیشترین حساسیت بیوحسگر CSNF-AUNPS/CHOX بر اساس ساخت شبکه ای AUNPS ، CSNF و CHOX رخ می دهد .

بعلاوه CSNF-AUNPS/CHOX نشان دهنده ی زمان پاسخی کمتر از۵ s برای تشخیص کلسترول جهت رسیدن به حالت پایدار فعلی می باشد. مساحت سطح فعال بزرگتر ارائه شده توسط CS و الکترون تکمیل شده‌ی موجود در AUNPS، دلیلی بر الکترون واسطه ی تاثیرگذار در بیوحسگر CSNF-AUNPS/CHOX جهت رسیدن به زمان پاسخ کمتری برای تشخیص کلسترول می باشد.

مطالعه ی تداخلی

تاثیر الکتروشیمیایی تداخلی در پاسخ فعلی از کلسترول در حسگر CSNF-AUNPS/CHOX مورد ارزیابی قرار گرفت .شکل ۵b نشان دهنده ی پاسخ آمپرمتری از کلسترول (۱Mm) در حضور (۱Mm)UA،(Mm)AA و AP در PBS در Ph=۷ می باشد که هیچ تاثیری بر پاسخ فعلی کلسترول ندارد. کمک‌کننده (نفوذ کننده های) تاثیرگذار AUNPS ، CSNF و CHOX به تشخیص کلسترول کمک می‌کنند .در نتیجه ، در بیو حسگر CSNF-AUNPS/ CHOX تداخلی از سوی سایر اجزای الکتروبیو اکتیو صورت نگرفته است. بنابراین ، بیو حسگر CSNF-AUNPS/CHOX نمایانگر گزینشی بالا نسبت به تعیین کلسترول می باشد .

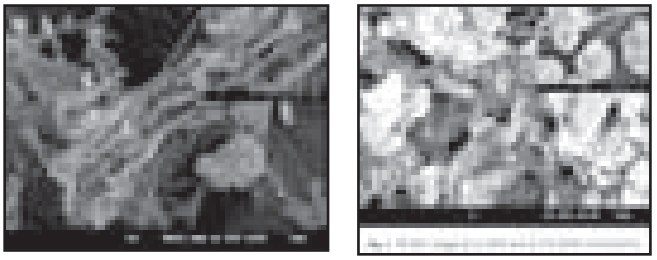
تجزیه و تحلیل نمونه ی واقعی ، ثبات و قابلیت تکثیر :

قابلیت اطمینان و استفاده‌ی عملی از بیو حسگر CSNF-AUNPS/CHOX نسبت به تشخیص کلسترول در سرم و آزمون یابی به کلسترول اضافه شده ، مورد بررسی قرار گرفت . شناسایی کلسترول با استفاده از روش استاندارد نیز ۳ بار دیگر با محلول استاندارد کلسترول انجام شده است.نتایج نشان می دهد که

مقدار RSD برای ۳ بار اندازه گیری در محدوده ۴/۳-۱/۶٪ بوده و بازگشتی در محدوده ی ۱۰۴/۲-۹۷داشته است . پاسخ تجدید پذیر فعلی (R.S.D = ۴،۲٪)، در بیوحسگر CSNF-AUNPS/CHOX برای ۱۰ بار اندازه گیری با یک بیوحسگر ساخته شده مورد توجه قرار گرفت . ثبات بیوحسگر CSNF-AUNPS/CHOX بوسیله ی ذخیره سازی بیو حسگر در دمای ۴ درجه سانتی گراد ، برای ۲۵ روز مشخص و نظارتی بر پاسخ فعلی به صورت روزانه برای ۱Mm کلسترول در ۰/۳ ۷انجام شد . بیو حسگر حدود ۹۱٪ از پاسخ فعلی خود را بعد از ۲۵ روز حفظ می کرد . بنابراین بیوحسگر CSNF-AUNPS/CHOX ثبات عالی و تکثیر خوبی را نشان داد .

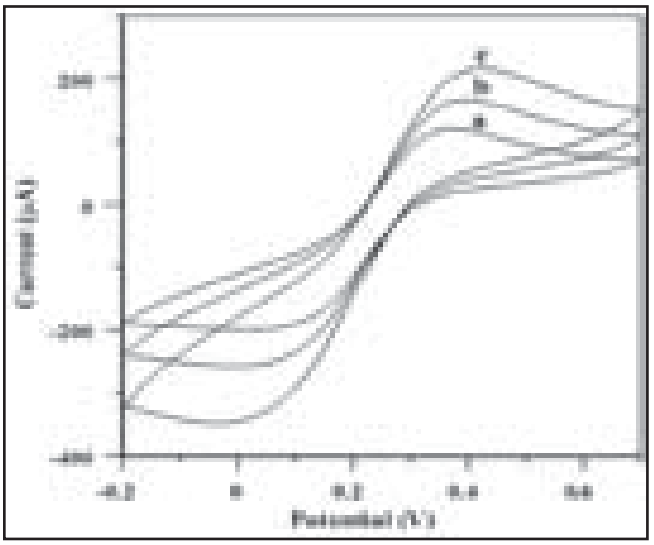
نتیجه گیری

روش جدیدی برای آماده سازی نانو الیاف چیتوسان زیست سازگار و زیست‌تخریب‌پذیر به‌وجود آمده است . با استفاده از CSNF ما می توانیم یک بیو حسگر کلسترولی آنزیمی را توسط بارگیری نانو ذرات طلا بر روی الیاف شبکه ای بوجود بیاوریم .بیو حسگر CSNF/AUNPS/CHOX نشان‌دهنده‌ی حساسیتی بالا در حدود (۱/۰۲μA/μm) و قابلیت تکثیرپذیری در محدوده‌ی (R.S.D = ۴/۲٪) نسبت به تشخیص کلسترول می باشد . بیو حسگر CSNF/AUNPS/CHOX نشان‌دهنده‌ی یک پاسخ خطی به کلسترول در محدوده ی۴۵μm-۱ با زمان پاسخ کمتری در حدود ۵s می باشد . بعلاوه این بیو حسگر نمایانگر گزینش بالا برای کشف کلسترول ، ذخیره سازی و ثبات است .ما پیش بینی می کنیم که روش ارائه شده در مطالعه ی حاضر به منظور جمع کردن بیومولکول ها ، برای توسعه‌ی بیو حسگر های دیگر استاندارد خواهد بود .



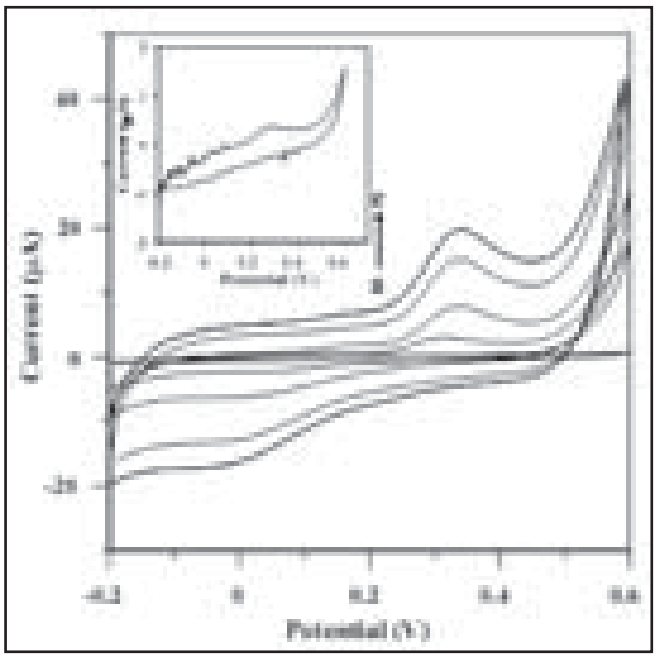
(شکل۱)

عدم تحرک اکسیداز کلسترول برروی AUNPS-ITO/CSNF جهت مشاهده ی ITO/CSNF-AUNPS/CHOX.



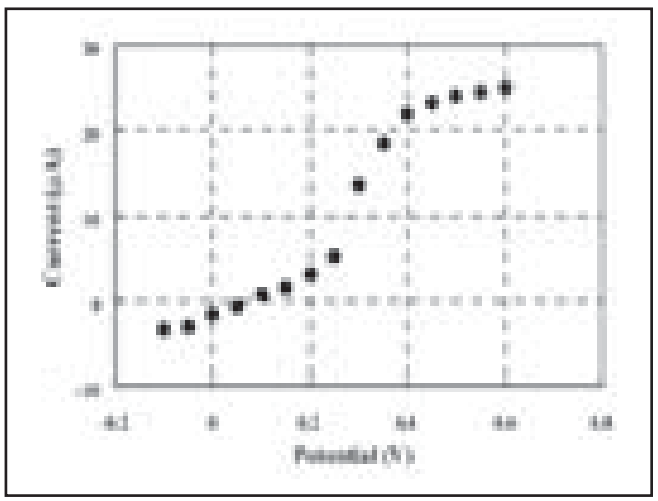
(شکل ۲)

طرز کار الکترو شیمیایی الکترودهای(a ITO، ITO/CSNF (b و ITO/ c) CSNF-AUNPS/CHOX که باسیستمی بنام -۴/-۶۳(fe(cN مورد بررسی قرار گرفته اند را نشان می دهد.



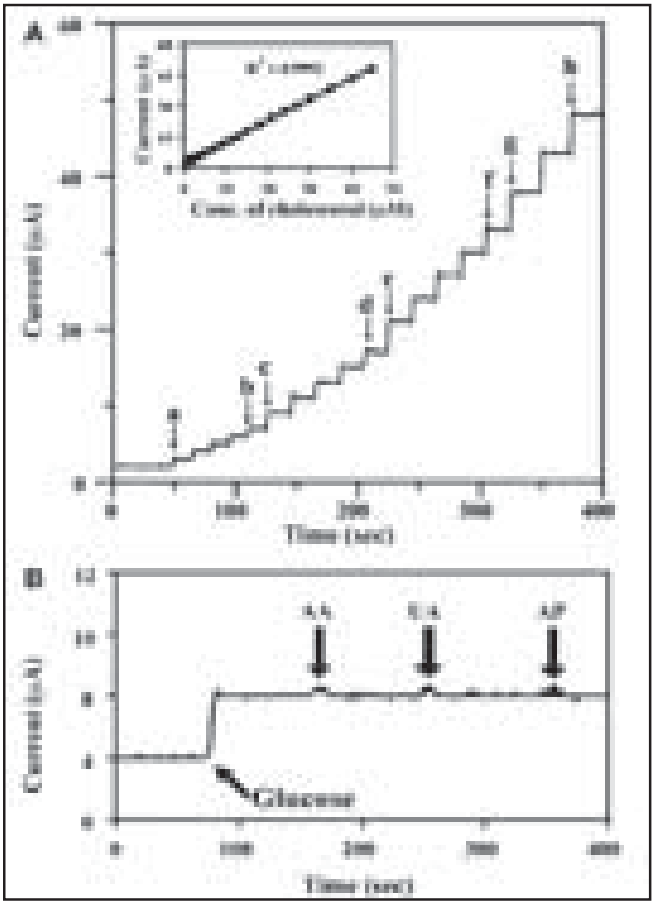
(شکل ۳)

این شکل نشان دهنده ی نمایشگر CV در سیستم ITO/CSNF-AUNPS/ CHOX-ME با ph=۷ می باشد که غلظت های متفاوتی از کلسترول را ثبت کرده است a)مقایسه با جریانی که با فقدان کلسترول مواجه هستیم b-e)بیانگر افزایش متوالی کلسترول نسبت به افزایش جریان پیک مطابق با اکسیداسیون کلسترول است.



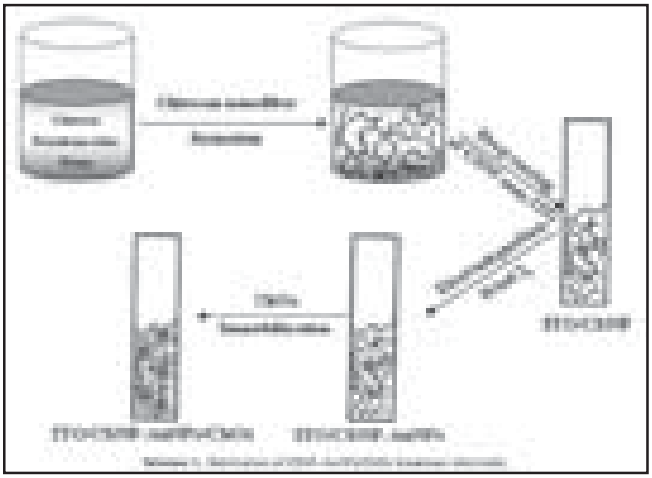
(شکل۴)

در این شکل ، ولتاگرم هیدرودینامیکی در پتانسیلی بین V ۰/۱- تا V ۰/۶، برای محلول کلسترول(۱mMin PBS) و در حسگر ITO/CSNF-AUNPS/CHOX مقداری را که ثبت کرده است، نشان می دهد.



(شکل ۵)

در این شکل تاثیر الکتروشیمیایی تداخلی در پاسخ فعلی از کلسترول در حسگر CSNF-AUNPS/CHOX که مورد ارزیابی قرار گرفته است را نشان می‌دهد. a)منحنی کالیبراسیون که نشان دهنده‌ی واکنش‌های آمپرمتری الکترود CSNF-AUNPS/CHOX بر روی کلسترول در مدت زمان معین است و میزان سرعت در جریان به‌کار گرفته شده افزایش یافته است. b) نشان دهنده‌ی پاسخ آمپرمتری از CSNF-AUNPS/CHOX بر روی کلسترول در حضور آسکوربیک اسید و استامینوفن در pbs در PH=۷ است.



(طرح ۱)

این طرح تهیه الکترود بیوحسگرهای CSNF–AuNPs/ChOx را نشان می دهد.

(جدول ۱)

در ایـن جدول حساسـیت بیـو حسـگر CUNF-AUNPS/ CHOX در محدوده ی (۱/۰۲μA/μM) ، از بیو حسگر گزارش شده برای کلسترول که با کامپوزیت های خود ساخته شده است ، را نشان می دهد.

الکترود اصلاح شده	برد خطی	حساسیت	محدوده بازگشت	RT
Pt-CNT-فیلم CHIT	۰/۰۱–۵mM	-	۵μM	<۳۰s
MWNT(SH)-Au/Chi-IL/ ChOx	۰/۵–۵mM	۰/۲μA/μM	-	۷ s
ChOx/CH/ Nano CeO۲	۱۰۰–۴۰۰ mg/dL	۴۷μA/mg/dL	۵ mg/dL	۱۰ s
ChOx-CS/ Hb-CS/GCE	۱/۰×۱۰$^{-۵}$–۶/۰×۱۰$^{-۴}$ M/L	۰/۵۹۶A/M	۹/۵μM/L	۸ s
CSNF–AuNPs/ChOx	۱–۴۵μM	۱/۰۲μA/μM	۰/۵μM	۵ s

پی نوشت

*کارشـناس ارشد شـیمی نسـاجی دانشـگاه آزاد اسـلامی واحد علوم و تحقیقات

منابع

Fabrication of novel chitosan nanofiber/gold nanoparticles composite towards
improved performance for a cholesterol sensor

Palanisamy Gomathia, Dhanusuraman Ragupathyb,*, Jin Hyun Choic, Jeong Hyun Yeumc,
Soo Chool Leeb, Jae Chang Kimb, Sang Hak Leed, Han Do Ghima,c,* *

a Department of Textile System Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, South Korea

b Department of Chemical Engineering, Kyungpook National University, 1370 Sangyeuk-dong, Buk-gu, Daegu 702-701, South Korea

c Department of Advanced Organic Materials Science and Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, South Korea

d Department of Chemistry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, South Korea