



نانو تکنولوژی

تولید نانوالیاف فلورسنت پلی اکریلونیتریل حاوی فلورسین ایزوتیوسیانات (FITC)

تهیه و تنظیم: هاجر السادات مومنی^۱، مصطفی بوسفی^۲

چکیده

امروزه محققان با وارد کردن مواد فلورسنت به نساجی به توسعه هر چه بیشتر منسوجات هوشمند پرداخته‌اند. مواد فلورسنت می‌توانند از طریق پوشش روی سطح منسوجات قرار بگیرند. روشی که در این مقاله استفاده شده وارد کردن رنگ فلورسین ایزوتیوسیانات در محلول الکتروریسی پلی اکریلونیتریل (PAN) و تولید نانوالیاف دارای خاصیت فلورسنت می‌باشد. علت استفاده از رنگ FITC حساسیت این رنگ نسبت به pH محیط بوده و با تغییر pH محیط شدت فلورسنت متفاوتی را نشان می‌دهد. با استفاده از طیف FTIR گروه‌های عاملی این رنگ مشخص گردید. شدت فلورسنت FITC در اتانول توسط فلوریمتر در حالت low sensivity حدود ۴۵ به دست آمد. همچنین با استفاده از طیف سنج فلورومتر برای نانوالیاف PAN حاوی FITC، شدت فلورسنت +۹۴ اندازگیری شد. به علاوه با تصویربرداری توسط میکروسکوپ فلورسنت مشخص شد که رنگ به صورت کاملاً بکنواخت در نانوالیاف پراکنده شده است و در نتیجه نانوالیاف حساس به pH محیط تولید گشت.

مقدمه

نور یکی از صورت‌های انرژی است. از آنجا که برای تولید نور، شکل دیگری از انرژی باید صرف شود، دو راه عمده فرآیند التهاب و فرآیند لومینسانس وجود دارد. در فرآیند لومینسانس، الکترون‌های ماده هدف که در شرایط معمول در تراز انرژی پایه به سر می‌برند، با گرفتن انرژی برانگیخته شده و به ترازهای پر انرژی‌تر می‌روند. در بازگشت این الکترون‌ها، انرژی برانگیختگی را به صورت نور نشر می‌کنند. به طور معمول انرژی برانگیختگی به دلیل برخی از انتقالات درون مولکولی از انرژی نور نشر شده بیشتر است. فلورسانس و فسفرسانس از انواع فوتولومینسانس می‌باشند که یکی از پر کاربردترین انواع آن هستند بازده که معیاری از شدت فلورسانس و فسفرسانس است، به رقابت بین مسیرهای تابشی و غیرتابشی برای غیرفعال‌سازی نسبت توان تابشی لومینسانس به توان تابشی یک ترکیب وابسته است. بازده کوانتومی لومینسانس نشان‌دهنده کسری از کارایی کوانتومی لومینسانس جذب شده است، بنابراین فوتون‌های جذب شده است که به فوتون‌های لومینسانس تبدیل می‌شوند.

رنگ فلورسین ایزوتیوسیانات یک ترکیب آلی مصنوعی است که به‌طور گسترده‌ای به عنوان یک ردیاب فلورسنت در محدوده بیولوژیکی بدن انسان (pH حدود ۵ تا ۸) بهترین حسگر شناخته شده است که برای بسیاری از برنامه‌های کاربردی استفاده می‌شود. ساختارهای آن شرایط مختلفی برای جذب فوتون دارد که سبب می‌شود شدت فلورسنت به شدت وابسته به pH گردد. عوامل خارجی همچون pH، دما، قطبیت و غلظت یون، روی خواص فتوفیزیکی فلورسین و مشتقات آن مانند FITC تاثیرگذار هستند. حتی در

شرایط یکسان محیطی پس از کانژوگ شدن با ماکرومولکول می‌توانند کاملاً متفاوت از حالت آزاد خود رفتار کنند.

FITC بسته به pH محیط، می‌تواند با فرم‌های مختلف و البته با خواص فتوفیزیکی مختلف وجود داشته باشد. به این صورت که در محلول آبی به فرم‌های کاتیونیک، منوآنیونیک، طبیعی و دی‌آنیونیک وجود دارد که غلظت هر کدام توسط pH تعیین می‌گردد به علاوه حالت طبیعی آن به صورت سه ایزومر Z، Q و L وجود دارد. به طور عمده در شرایط اسید و باز، برای آنالیز طیف جذبی فلورسین از شاخص PKa استفاده می‌شود.

در حالت پایه، تحت شرایط $pH > 8$ فرم دی‌آنیونیک غالب خواهد بود و با غلظت پروتن طیف فلورسنت تغییر نمی‌کند. در حالت پایه و تحت شرایط اسیدی که pH بین ۱/۵ و ۵ می‌باشد، فرم کاتیونیک، طبیعی و منوآنیونیک غالب می‌باشد و طیف فلورسنت همیشه یکسان است در حالی که در نزدیکی pH طبیعی، یعنی بین ۵ و ۸ جایی که فرم‌های طبیعی، منوآنیونیک و دی‌آنیونیک وجود دارند، تغییراتی در طیف فلورسنت فلورسین دیده می‌شود. در حالت برانگیخته و pHهای بالای ۵ تبدیل فرم دی‌آنیونیک به فرم‌های غیر از آن اتفاق نمی‌افتد در نتیجه فرم دی‌آنیونیک فرم غالب در این محدوده بوده که دارای بازده کوانتومی بالا می‌باشد. شدت نشر فلورسنت FITC با افزایش pH افزایش می‌یابد و در pHهای بالاتر از ۸ تغییری دیده نمی‌شود که علت آن رفتار متفاوت FITC است. کمترین بازده کوانتومی FITC را منوآنیونیک (۰/۳۶) و بیشترین را حالت دی‌آنیونیک (۰/۹۳) دارد. زمانی که pH محیط از ۵ تا ۸ کاهش یابد، شدت نشر فلورسنت FITC نیز به سرعت کاهش می‌یابد.



۱-۲ اندازه گیری شدت فلورسنت FITC

فلورومتري نوعی اسپکتروسکوپی الکترومغناطیسی است که خاصیت فلورسانس را در نمونه‌های مورد مطالعه، بررسی می‌نماید. ۴ میلی گرم رنگ فلورسنت FITC را در ۴ میلی لیتر اتانول ریخته و با همزن مغناطیسی به مدت ۳ ساعت پراکنده گردید تا محلول همگنی به دست آید. با استفاده از دستگاه فلورومتري با طول موج تهیج ۴۸۸ نانومتر شدت فلوروسنت آن به دست می‌آید.

اندازه گیری طیف‌سنجی مادون قرمز به روش تبدیل فوریه

دستگاه طیف‌سنجی مادون قرمز روشی سودمند برای شناسایی ترکیبات آلی و معدنی و گروه‌های عاملی آنها می‌باشد. به منظور بررسی گروه‌های عاملی FITC در محدوده عدد موجی ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ تست FTIR انجام گرفت و برای ارزیابی طیف‌ها از نرم افزار omnic استفاده شد.

الکترورسی

پلی‌اکریلونیتریل با نام اختصاری PAN دارای خواصی از پلی‌اکریلونیتریل تحت عنوان الیاف اکریلیک به علت چگالی کم، پایداری حرارتی مطلوب، استحکام بالا و مدول الاستیسیته به شکل گسترده در نساجی استفاده می‌شود. اسیدها و بازها با غلظت پایین، اثری بر روی لیف پلی‌اکریلونیتریل ندارند. مقاومت آنها در برابر هوا و نور عالی است و به همین دلیل به بسیاری از الیاف طبیعی و مصنوعی برتری دارند و همین عوامل PAN باعث می‌شود که از این الیاف در هوای آزاد استفاده فراوانی شود. در این تحقیق ابتدا محلول درصد ۱۲ وزنی PAN در DMF تهیه شد و سپس ۱/۵ درصد FITC به آن اضافه کرده و به‌منظور همگن شدن بیشتر به مدت ۲۴ ساعت طی همزدن در مداوم قرار گرفت و از همزن فراصوت به مدت ۱۰ دقیقه برای پراکندگی بیشتر آنها استفاده شد. سپس الکترورسی با فاصله الکترورسی ۱۵ cm و ولتاژ ۷ kV و نرخ تغذیه ۱۰ ml/h انجام گرفت.

میکروسکوپ فلورسنت

انواع خاصی از میکروسکوپ نوری که منبع نور آن پرتوهای فرابنفش است را میکروسکوپ فلورسنت می‌نامند. در اینجا با استفاده از میکروسکوپ فلورسنت از نانوالیاف الکترورسی شده با FITC، تصویربرداری شده و خاصیت فلورسنت این نانوالیاف مشخص گردیده است.

اندازه گیری شدت فلورسنت نانوالیاف حاوی FITC

طیف سنج فلورسانس خاصیت فلورسانس مواد را بررسی می‌نماید. تفاوت این دستگاه با فلورومتري در این است که این دستگاه برای آنالیز نمونه‌های پودری، جامد یا محلول، نانو ساختارها و فیلم‌های نازک نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور اندازه‌گیری شدت فلورسنت نانو الیاف، پلی‌اکریلونیتریل حاوی رنگ فلورسنت روی لامل الکترورسی شده و شدت فلورسنت آن اندازه‌گیری می‌شود.

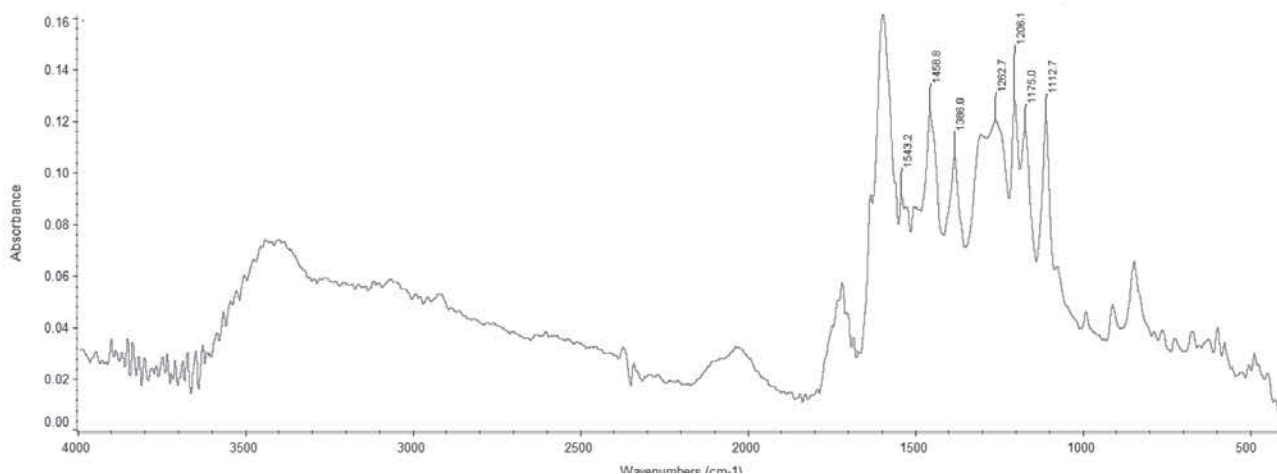
بحث و نتایج

طیف‌سنجی مادون قرمز به روش تبدیل فوریه

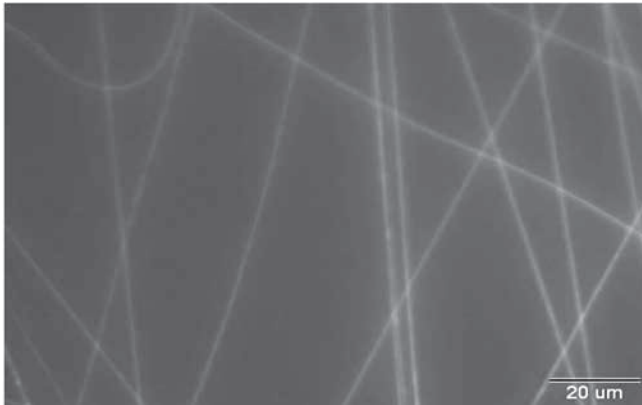
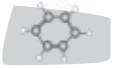
پیک مشاهده شده در طیف FTIR از FITC در عدد موجی 428 cm^{-1} مربوط به گروه هیدروکسیل می‌باشد و پیک قوی مشاهده شده در 2047 cm^{-1} مربوط به گروه ایزوتیوسیانات است. پیک مشاهده شده در 1727 cm^{-1} حاکی از گروه کربونیل در لاکتون است. طول موج‌های 1594 cm^{-1} ، 1535 cm^{-1} و 1458 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی حلقه بنزن می‌باشد.

شدت فلورسنت FITC

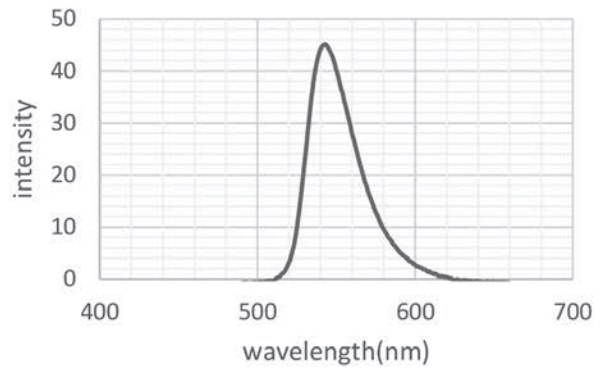
توسط دستگاه فلوریمتری شدت فلورسنت رنگ فلورسین بدست آمده و در شکل ۲ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که به علت شدت فلورسانس بالای این مواد، برای مقایسه این دو نمونه دستگاه در حالت Low sensitivity می‌باشد. شدت رنگ های FITC در حدود ۴۵ بدست آمد.



شکل ۱- طیف مادون قرمز به روش تبدیل فوریه



شکل ۳- تصویر میکروسکوپ فلورسنت از نانوالیاف حاوی FITC



شکل ۲- شدت فلورسنت FITC

رنگ FITC در محیط‌هایی با pHهای مختلف بوده که می‌تواند حسگری برای تعیین pH محیط‌های ناشناخته شود. برای تعیین دقیق‌تر گروه‌های عاملی این رنگ، از آن طیف FTIR گرفته شد و حضور گروه ایزوتیو سیانات در آن تایید گردید که این گروه قابلیت‌های کاربردی بسیاری را برای آن به‌وجود می‌آورد. شدت فلورسنت رنگ FITC در اتانول توسط دستگاه فلورومتر در شرایط low sensivity حدود ۴۵ به دست آمد، سپس رنگ FITC توسط PAN الکتروریسی گردید و نانو الیاف حاوی خاصیت فلورسنت تولید گشت. از این نانو الیاف توسط میکروسکوپ فلورسنت تصویربرداری شد و مشخص شد که رنگ فلورسنت به‌طور کامل در سرتاسر نانوالیاف پراکنده شده‌اند. شدت فلورسنت این نانوالیاف توسط طیف سنج فلورومتر اندازه‌گیری و در حدود ۴۹۰ به دست آمد و می‌تواند به عنوان نانوالیاف حسگر pH در شرایط مختلف کاربردی استفاده شود.

پی‌نوشت

- ۱- دانشگاه صنعتی اصفهان hs.momeni@tx.iut.ac.ir
- ۲- دانشگاه صنعتی اصفهان youssefi@cc.iut.ac.ir

منبع:

یازدهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران (دانشگاه گیلان)

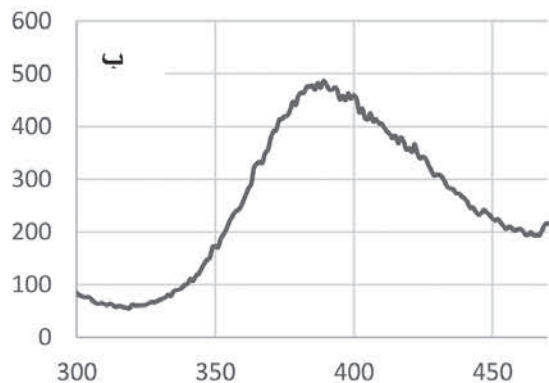
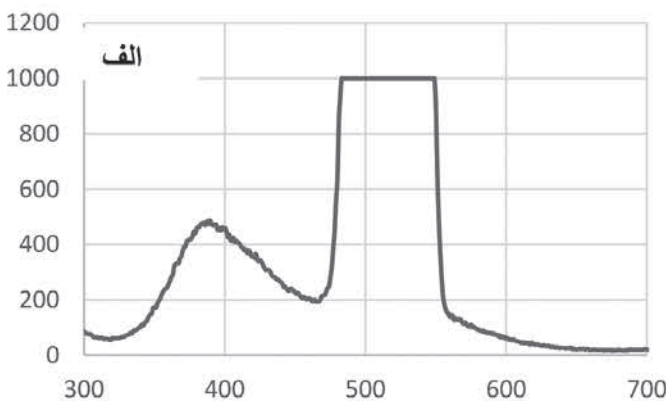
بررسی خاصیت فلورسنت نانوالیاف الکتروریسی شده برای بررسی خاصیت فلورسنت نانو الیاف از میکروسکوپ فلورسنت استفاده شد. نانوالیاف با طول موج ۴۸۰ نانومتر تحریک شده و همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است به رنگ سبز دیده شدند. در اینجا نیز مشاهده می‌شود. اگر نانوالیاف پلی‌اکریلونیتریل بدون رنگ در زیر میکروسکوپ مشاهده شود هیچ فلورسنستی دیده نخواهد شد

اندازه‌گیری شدت فلورسنت نانوالیاف الکتروریسی شده

به منظور اندازه‌گیری شدت فلورسنت الیاف جامد از طیف سنج فلورومتری استفاده شد. نمونه تحت تابش نور با طول موج تحریک ۲۵۵ نانومتر قرار گرفت. شدت در حالت low sensivity اندازه‌گیری شده که در قسمت الف شکل ۴ کل طیف به دست آمده و در قسمت ب صرفاً محدوده ۳۰۰ تا ۴۷۰ نشان داده شده است.

۴- نتیجه‌گیری

رنگ فلورسین ایزو تیو سیانات به عنوان یک ردیاب فلورسنت بهترین حسگر در محدوده بیولوژیکی بدن انسان (pH حدود ۵ تا ۸) شناخته شده است که شدت فلورسنت آن به‌شدت به pH وابسته است. علت آن ایزومرهای مختلف



شکل ۴: اندازه‌گیری شدت فلورسنت نانوالیاف حاوی FITC (الف) در بازه ۳۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر (ب) در بازه ۳۰۰ تا ۴۷۰ نانومتر