

سنتز نانو ذرات کیتوسان از پوست سوسک برای محافظت در برابر تشعشعات رادیواکتیو (بتا)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۱

کد مقاله: ۴۴۴۹۹

نازنین عظیمی^۱، غزال گزستانی^۲، مرضیه آزادفلاح^۳

چکیده

حوادث هسته ای اتفاق افتاده در یک قرن اخیر، آثار و نتایج جبران ناپذیری را در بر داشته است. پیامدهای ناشی از پرتوهای ساطع شده از انفجار هسته ای با توجه به نوع ماده ی رادیواکتیو پخش شده در جو ضمن آلوده کردن آب، خاک و گیاهان، سبب بیماری های مختلف پوستی و حتی تغییر در ساختار DNA شده که نسل های آینده نیز از آن مصون نبوده اند. این عوارض می تواند نهفتگی (کمون) کوتاه یا بلند مدت داشته باشند که بیماری های مرسوم حاصل از تشعشعات از ماه سوم به بعد آشکار می گردد. سوسک قادر است تا در برابر مقدار متعادل تشعشعات هسته ای مقاومت کند و ثابت شده که قادر بوده از شعاع ۲ کیلومتری، دور از جایی که بمب هیروشیما منفجر شد به حیات خود ادامه دهد. بدین منظور در این پژوهش با هدف ساخت پوششی مقاوم به تشعشعات از بدن سوسک، ابتدا کیتین و سپس کیتوسان و نانوکیتوسان با روش شیمیایی استاندارد و جدید از پوسته و بال سوسک استخراج شد. با استفاده از آنالیزهای XRD، FTIR و SEM نانوذرات سنتز شده تأیید شد و در نهایت پارچه ای با پوشش نانوذرات کیتوسان به همراه چسب PVA ساخته شده و مقاومت آن نسبت به عبور تشعشعات رادیواکتیو با دستگاه شمارشگر گایگر-مولر و موج بتای رادیواکتیو تأیید گردید.

واژگان کلیدی: تشعشعات رادیواکتیو، نانوذرات کیتوسان، بال سوسک

۱- محقق تیم پژوهشی لنترن، شرکت البرز نانو تجهیزرایان، البرز، ایران

۲- محقق تیم پژوهشی لنترن، شرکت البرز نانو تجهیزرایان، البرز، ایران

۳- دکتری مهندسی مواد و کارشناس دفتر تحقیقات و توسعه فناوری شرکت توانیر، تهران، ایران

انسان همواره در معرض تابش هایی از محیط اطراف خود است. این تابش ها از دو بخش تشکیل شده اند: بخش اول تابش هایی هستند که از مواد رادیو اکتیو محیط اطراف و داخل بدن دریافت می گردد و بخش دوم شامل تابش هایی است که از منابع ساخت بشر گسیل می شود. تابش یکی از عواملی است که بیشترین تحقیقات در مورد اثر بیماری زایی آن به عمل آمده است. اگرچه هنوز نکات زیادی در مورد نحوه تأثیر تشعشعات بر موجود زنده وجود دارد که باید روشن شود ولی ساز و کاری که از طریق تابش بر سلول ها، مولکول ها و یا اندام های اولیه به بدن آسیب می رساند، بیشتر از سایر عوامل آسیب رسان محیطی شناخته شده است و در مورد آن تردیدی وجود ندارد [۱].

پرتو یا تشعشع عبارت است از انرژی که به صورت امواج یا ذرات در خلاء یا در محیط مادی منتشر می شود. بطور ساده پرتوها را می توان انرژی عبوری تعریف کرد. برخی از پرتوها دارای جرم و بعضی فاقد آن می باشند و با توجه به میزان انرژی دارای قدرت نفوذ در ماده هستند. پرتوها به دو دسته پرتوهای یونیزان (یونساز) و پرتوهای غیر یونیزان (غیر یونساز) طبقه بندی می شوند. معمولاً وقتی همراه با واژه پرتو کلمه دیگری بکار نرود پرتوهای یونیزان مورد نظر می باشد [۲].

تشعشعات نیز جزء عوامل زیان آور محیط کار قرار می گیرد و پایش فردی و محیطی این عامل نیز به طور کامل از سوی قوانین در کشورمان حمایت می شود. آلودگی های حرارتی، تشعشعات خطرناک، ضایعات و زباله های اتمی تمامی محیط زیست را در معرض خطرات جدی قرار داده است. نسل بشر را با مرگ و میرهای دردناک و بیماری های حاد و مزمن روبرو ساخته است. تمامی موجودات زنده: گیاهان، جانوران و تمامی محیط های زیست شامل جو، زمین، آب و هوا و در حقیقت کل کره زمین را تهدید می کند [۲]. پرتو های رادیواکتیو یا (مواد رادیواکتیو) به طور کلی سمی هستند. رادیو اکتیو برای حیات موجودات مضر است. رادیواکتیو در سطح بسیار بسیار بالا ایجاد مسمومیت می کنند و در نهایت وارد بدن انسان که می شوند، حتی اگر شخص مسموم زنده بماند، باعث تغییرات ژنتیکی در فرد می شوند. پس مهم ترین ضرر مواد رادیو اکتیو تغییرات ژنتیکی است. مواد رادیواکتیو از اتم های ناپایداری تشکیل می شوند که تجزیه می شوند و انرژی سطح بالایی به نام تابش رادیواکتیو را آزاد می کنند. این اتم ها نهایتاً عناصر جدیدی را تشکیل می دهند. سه نوع تابش رادیواکتیو وجود دارد که ذرات آلفا، بتا و پرتوهای گاما خوانده می شود [۳].

مطالعات نشان داده است اگر بمبی مشابه بمب اتمی هیروشیما باشد تا شعاع ۲ کیلومتر همه چیز به خاطر حرارت ایجاد شده ذوب شده و نابود می شود اما بعد از شعاع ۲ کیلومتری سوسک ها شانس زیادی برای زنده ماندن از تشعشعات رادیواکتیو دارند. سوسک قادر است ۶۶۰۰ واحد راد تابش تشعشعات رادیو اکتیو را تحمل کند در حالی که انسان ۶۶۰ راد را می تواند تحمل کند.

کیتین یک پلی ساکارید طبیعی است و به طور برجسته در پوست سخت پوستانی مثل خرچنگ و میگو، کوتیکول حشرات و دیواره سلولی قارچ ها یافت می شود. تاریخچه کیتین و کیتوسان به قرن ۱۱ برمی گردد. برای اولین بار یک دانشمند فرانسوی به نام براکونوت کیتین را از قارچ استخراج کرد. سپس روت کیتوسان را از فرآیند استیل زدایی بازی کیتین در حضور هیدروکسید پتاسیم به دست آورد و در نهایت ساختار آن به طور کامل کشف شد. کیتین با فرمول شیمیایی $(C_8H_{13}O_5N)$ یک پلی ساکارید طبیعی است که پلیمر بلندی از گلوکز آمین مشتقی از گلوکز است و در جانداران متنوعی یافت می شود. این ماده سازنده اصلی دیواره سلولی اسکلت خارجی بندپایانی چون حشرات و خرچنگ ها و جاندارانی دیگر را تشکیل می دهد و همچنین نقش حفاظتی را برای جانوران ایفا میکند [۴].

کیتوسان، پلی ساکاریدی طبیعی، مشابه ساختار سلولز است و از استیل زدایی کیتین به دست می آید که یک پلیمر کاتیونیک محسوب می شود و به واسطه دی استیلاسیون، در اثر حرارت دادن کیتین در هیدروکسید سدیم حاصل می گردد. درجه دی استیلاسیون که نسبت به گروه های استیل گلوکز آمین به گروه های آمین موجود در ساختار کیتوسان نشان می دهد عامل مهمی در میزان حلالیت و سایر خواص کیتوسان محسوب می گردد. کیتوسان های تجاری معمولاً درصد دی استیلاسیون بالای ۶۰ درصد و وزن مولکولی بین ۱۶ هزار تا ۲ میلیون دالتون می باشد [۵].

خواص کیتوسان را میتوان از دو جنبه زیر مورد بررسی قرار داد. خواص شیمیایی کیتوسان: از نظر شیمیایی، می توان گفت که کیتوسان پلیمری خطی است و دارای گروه های آمین و هیدروکسیل فعال می باشد.

خواص کیتوسان از نظر بیولوژیکی عبارت است از زیست سازگاری (طبیعی، بی خطر و غیرسمی)، قابلیت تجزیه بیولوژیک و فعالیت ضد میکروبی است. کیتوسان به دلیل وجود گروه های آمین آزاد در واحد های دی گلوکز آمین در

شرایط اسیدی محلول می باشد، زیرا تعداد واحد های دی استیله شده در کیتین کم بوده اما در کیتوسان به اندازه کافی زیاد است. کیتوسان محلول دی استیله شده کیتین در اسید هایی مثل اسید استیک، فرمیک و... است [۵].

امواج الکترومغناطیس بشر ساخت می تواند ناشی از تولید یا انتقال الکتریسیته، تجهیزات خانگی، صنعتی، مخابراتی، رادیو و تلویزیون باشد. تداخل امواج الکترو مغناطیس سبب ایجاد خطا در دستگاه های دقیق می شود. از سوی دیگر قرارگیری افراد در معرض تشعشع امواج الکترو مغناطیس ممکن است منجر به آسیب های فیزیکی، تحریک اعصاب و عضلات، و تغییر در روند کار سلول های عصبی شود [۶]. لرزش مولکول ها و تولید حرارت در اثر ورود امواج الکترو مغناطیس به اندام، ممکن است سبب توقف روند تولید DNA و RNA در سلول و یا فعالیت شیمیایی غیرعادی سلول و تولید سرطان می شود [۱]. در گذشته، از لایه ای فلزی به منظور محافظت در برابر امواج الکترومغناطیس استفاده می شد و در سال های اخیر، علاوه بر لایه های فلزی، از پلیمرهای هادی به منظور محافظت در برابر امواج الکترومغناطیس و الکتریسیته ساکن استفاده می شود. از اینرو، پارچه های هادی به منظور بهبود خاصیت محافظت در برابر امواج الکترومغناطیس تولید می شوند [۱]. فلزات به دلیل هدایت و پایداری، بهترین محافظ در برابر امواج الکترومغناطیس بوده، لیکن این مواد اغلب گرانبه و سنگین هستند و ممکن است در حین کاربرد دچار انبساط و اکسید شدن، یا مشکلاتی نظیر خوردگی شوند. در مقابل اغلب پارچه های تهیه شده از الیاف مصنوعی از لحاظ الکتریکی ایزوله بوده و میدان الکترومغناطیسی را انتقال می دهند [۱].

در پژوهش های مختلف از پلیمرهای رسانا از جمله پلی آنیلین به منظور محافظت در برابر امواج الکترومغناطیس استفاده شده است. برای مثال الیاف پنبه با پلیمرهای رسانا از طریق روش پلیمریزاسیون فاز گازی پوشش داده می شود، در فرایند پلیمریزاسیون از $FeCl_3$ به عنوان آغازگر استفاده می شود. تاثیر غلظت آغازگر بر خواص مکانیکی، الکتریکی، مورفولوژی (ریخت شناسی) و میزان محافظت در برابر امواج الکترومغناطیس بررسی شده است. از الیاف تکمیل شده می توان برای بافت منسوجات استفاده کرد، لیکن پلیمرهای رسانا اغلب خواص مکانیکی ضعیفی داشته و گران قیمت هستند [۱۶]. از جمله پلیمرهای رسانای دیگری که امکان است فاده به عنوان پوشش بر سطح منسوجات را دارند می توان به پلی پیرول polypyrrole و پلی تیوفن polythiophene یا دیگر مشتقات پلیمری با زنجیره هایی با پیوند π -conjugated chains نیز اشاره نمود. بدین ترتیب پلیمریزاسیون در جای آنیلین و پیرول بر سطح پارچه های پلی استتری و نایلونی با خواص مکانیکی ضعیف پارچه پوشش داده شده، گزارش شده است [۱۱].

محدودیت های موجود برای منسوجات رسانای محافظ در برابر امواج الکترومغناطیس شامل فاکتور محافظت، نوع مواد و وزن منسوج محافظ است. فاکتور محافظت: میزان تقلیل شدت میدان الکترومغناطیسی برای لباس های محافظ حدود ۳۰ دسی بل گزارش شده است. نوع مواد ممکن است استفاده از فولاد ضد زنگ در الیاف ممکن است منجر به تقلیل محافظت شود. فناوری رسوب خلا که در تکمیل مواد رسانا بر منسوجات استفاده می شود، محدود به مواد خاصی است. روش چاپ به دلیل اختلال در عملکرد سطح مواد، منجر به آسیب رسانی به لایه محافظ و کاهش عملکرد محافظت در برابر میدان الکترومغناطیس می شود. استفاده از رشته های مسی، احتمال اکسید شدن، افزایش مقاومت الکتریکی و کاهش عملکرد منسوج محافظ را در پی دارد.

با توجه به مشکلات استفاده از فلزات و پلیمرهای رسانا در بهبود خواص محافظتی منسوجات، استفاده از نانوذرات به عنوان لایه بسیار نازک بر روی منسوجات اهمیت ویژه ای یافته اند. از این رو پژوهشگران به استفاده از نانو ساختارهای فلزی در بهبود خواص محافظتی در برابر امواج الکترومغناطیس روی آوردند. در برخی طرح ها از به کارگیری نانوذرات و هیدروکسی آپاتیت با اکسید آهن/اکسید روی/اکسید تیتانیوم و ترکیب با دیگر مواد آلی/غیرآلی بر سطح منسوجات استفاده شد که علاوه بر بهبود خواص ثابت سایشی، دفع آب و ضد میکروبی، توانایی محافظت در برابر پرتو فرابنفش، الکترومغناطیس و مادون قرمز را نیز افزایش می دهد. این پارچه تکمیل شده به عنوان لباس محافظ در برابر تشعشعات رادیواکتیو کاربرد دارد [۱۱].

۲- مواد و روش ها

۲-۱- ساخت کیتوسان از پوست میگو

ابتدا سوسک های مرده از (مرکز اینسکتاریوم مهربین) به تعداد مورد نیاز تهیه شد سپس پوست آنها از بدن جدا و کاملاً با آب مقطر شست و شو داده شد و بعد نواحی زایدی و اضافی آن جدا گردید. پوست مانده پس از شست و شو در

سایه و در حرارت معمولی اتاق خشک شد و تا حد امکان به صورت پودر در آمد. ۱۶ گرم از پودر حاصله در محلول اسید کلریدریک ۱ نرمال جهت حذف ترکیبات معدنی به مدت ۱۰ ساعت به نسبت (۱:۱۰) w/v داخل یک بالن ته صاف در دمای محیط قرار گرفت. مرحله حذف ترکیبات پروتئینی نیز با استفاده از سدیم هیدروکسید ۰ درصد، به مدت ۱۱ ساعت با نسبت (۱:۱۰) w/v و در دمای ۱۶ درجه سانتی گراد انجام شد. ترکیبات لیپیدی و رنگدانه ای نیز با محلول هیپوکلریت سدیم ۳۲ درصد، به مدت ۱۰ دقیقه، با نسبت (۱:۱۰) w/v و در دمای محیط حذف گشته و در انتها پودر صورتی رنگ استیل کیتین حاصل شد. سپس پودر استیل کیتین در محلول سود ۶۰ درصد به مدت ۱ ساعت با نسبت (۱:۱۰) w/v در دمای محیط قرار گرفته و ۲/۲ گرم پودر کیتین (۲۲ درصد) حاصل گردید. در انتهای هر یک از مراحل حذفی، پودر پوست سوسک با قیف بوختر و کاغذ صافی، صاف گردیده و به خوبی با آب مقطر شست شو داده شد تا خنثی سازی کامل آن انجام شود [۱۲].

۲-۲- ساخت نانو کیتوسان

در نهایت جهت سنتز ماده کیتوسان از کیتین، مرحله استیل زدایی بر روی کیتین حاصله انجام گردید. کیتین حاصله برای استیل زدایی، در محلول سود ۶۰ درصد با نسبت (۱:۲۶) w/v و در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد به مدت دو ساعت قرار گرفته و سپس ماده باقی مانده توسط کاغذ صافی، صاف گردید. ماده سنتز شده در آن ۶۰ درجه سانتی گراد خشک شد و کیتوسان حاصل شد. میکروکیتوسان حاصله جهت تبدیل به نانوکیتوسان در استیک اسید ۰/۱ درصد با نسبت (۱:۱۰) w/v حل گردید و به مدت ۲ ساعت با همزن مغناطیسی هم زده شد. سپس محلول TPP با غلظت ۰/۲۵ درصد به صورت قطره قطره به محلول اضافه شد و جهت تشکیل هرچه مناسب تر نانو ماده در محلول استیک اسید، به مدت ۳۰ دقیقه نیز در دستگاه التراسونیک قرار گرفت. کدر شدن محلول حاکی از ایجاد شدن نانو ذرات می باشد. محلول نهایی سانتریفیوژ شده تا ته نشین گردد. سپس رسوب ها را خشک شده و نانو کیتوسان تهیه شد [۱۲]. در انتها پودر کیتوسان و نانو کیتوسان برای تست به دانشگاه امیرکبیر ارسال شد و از آنالیز XRD جهت تأیید حضور نانوماده و همچنین برای بررسی تشکیل پیوندها از آنالیز RTIR استفاده شد. در ادامه برای بررسی مورفولوژی نانوذرات از آنالیز FESEM استفاده شد.

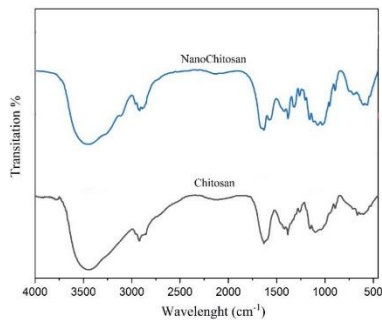
۲-۳- ساخت پارچه مقاوم به تشعشع با نانوذرات کیتوسان

برای ساخت پارچه و بررسی مقاومت آن سپس مراحل انتقال نانو ماده به سطح پارچه انجام گردید. پارچه کتان به علت جذب بالای مواد همچنین با رنگ تیره به علت جذب بالای نوری آن انتخاب گردید. سپس کیتوسان دوباره درون حلال خود، استیک اسید ۱ درصد قرار گرفته و جهت پراکندگی هرچه مناسب تر نانو ماده در محلول استیک اسید، به مدت ۲ ساعت نیز در دستگاه التراسونیک قرار گرفت. در ادامه مقدار یک گرم پودر چسب PVA به محلول حاوی نانو ماده اضافه شده و به خوبی هم زده شد. در نهایت محلول حاوی نانوماده و چسب توسط اسپری بادی به سطح پارچه منتقل گردید. سپس پارچه جهت انجام تست های مقاومت در مقابل تشعشعات رادیواکتیو با دستگاه شمارنده گایگر مولر به مرکز تحقیقات سلامت و کشاورزی البرز انرژی اتمی انتقال گردید. نمونه ها شامل دو نوع پارچه معمولی و نانو بوده که ضخامت هر دو در سه بار اندازه گیری و میانگین گیری یکسان و برابر ۵۸۰ pm گزارش گردید. در روند اندازه گیری ها، پارچه ها بین آشکارساز و چشمه تابشی Sr قرار گرفت، که فاصله آشکارساز تا پارچه ها ۱۰ cm و فاصله چشمه تا پارچه ها ۲ cm در نظر گرفته شد [۱۳ و ۱۴].

۳- بحث و نتایج

۳-۱- آنالیز XRD

الگوی پراش کیتوزان و نانوکیتوزان استخراجی حاصل از آنالیز XRD در زوایای ۱۰ و ۲۰ = 2θ درجه نشان دهنده ساختار کیتوزان است که با کارهای دیگران مطابقت دارد، همچنین برای نانوکیتوزان مشاهده می شود که پیک ها پهنتر شده و شدت آنها کمتر شده است و در واقع پهن شدن پیک بدلیل سایز ریزتر نانوکیتوزان ایجاد می شود (شکل ۱).



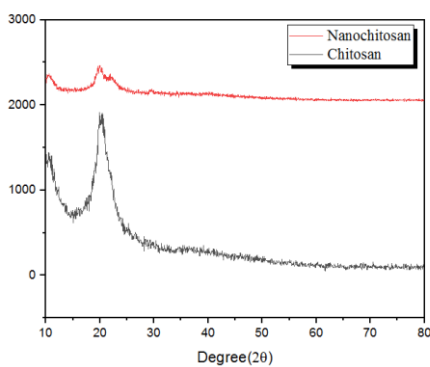
شکل ۱: آنالیز XRD کیتوسان و نانو کیتوسان

۲-۳- آنالیز FTIR

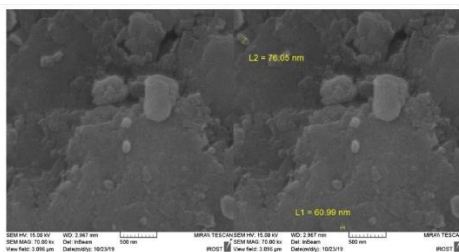
در طیف جذبی نمونه مربوط به کیتوزان و نانوکیتوزان پیک های پهن در محدوده 3422 cm^{-1} به ارتعاش کششی پیوند آب و گروه های هیدروکسیل و گروه های آمینی نسبت داده می شود. همچنین دو پیوند در محدوده 2920 و 2859 cm^{-1} مربوط به ارتعاش نامتقارن CH_3 و CH_2 در هر دو کیتوزان و نانوکیتوزان هستند. پیوند مشاهده شده در محدوده 2221 cm^{-1} به پیوند C-N گروه C-NH_2 مرتبط است. همچنین پیوند در 1655 cm^{-1} نیز برای کیتوزان و نانوکیتوزان مشاهده می شود مربوط به ارتعاش خمشی NH_2 است که برای نمونه نانوکیتوزان شدت این پیوند افزایش یافته است که نشان دهنده درصد استیل زایی بالاست (شکل ۲).

۳-۳- آنالیز FESEM

تصاویر FESEM مربوط به نمونه نانوکیتوزان در بزرگنمایی های 200 هزار برابر، 100 هزار برابر و 50 هزار برابر قابل مشاهده است که تایید کننده تشکیل ذرات کروی کیتوزان با ابعاد نانومتری در محدوده 20 تا 50 نانومتر است (شکل ۳).



شکل ۲: آنالیز FTIR کیتوسان و نانو کیتوسان



شکل ۳: آنالیز FESEM کیتوسان و نانو کیتوسان

۴-۳- نتایج شمارنده گایگر مولر

در محاسبات معمولاً ضخامت x بر حسب cm تعریف می شود که μ نیز عکس سانتیمتر یا cm^{-1} تعریف می گردد. در جدول ۱ نتایج اندازه گیری ضریب تضعیف دو نوع پارچه گزارش گردیده است.

جدول ۱: نتایج اندازه گیری ضریب تضعیف نمونه ها

نمونه	ضخامت (۴ لایه)	شدت پرتو در غیاب پارچه	شدت پرتو در حضور پارچه	کاهش نسبی	ضریب تضعیف
	$x \text{ (cm)}$	I_0	I	I/I_0	$\mu \text{ (cm}^{-1}\text{)}$
پارچه معمولی	0.231	0.141	0.026	0.184	7.268
پارچه نانو	0.231	0.141	0.013	0.099	10.013

نتایج اندازه گیری نشان میدهد که برای پارچه معمولی (0.1 لایه روی هم به ضخامت کل $2/31 \text{ mm}$) شدت تنهایی پرتوها پس از عبور از نمونه به $18/4 \%$ مقدار اولیه اش کاهش می یابد. این در حالی است که برای نمونه نانو تحت همین شرایط شدت تنهایی پرتوها پس از عبور از نمونه به $9/9 \%$ مقدار اولیه اش کاهش می یابد. به عبارتی نمونه های

نانو در مقایسه با نمونه معمولی به میزان ۴۶/۲٪ عملکرد بهتری در تضعیف پرتوهای بتای چشمه استرانسیوم-۱۶ ارائه می‌دهند. از رابطه (۲) ضریب تضعیف نمونه‌ها بدست می‌آید. همانطور که از جدول ۱ پیداست، مقدار لایه برای نمونه نانو در مقایسه با نمونه معمولی به میزان ۱۱/۰٪ بالاتر گزارش شده است که بر تضعیف بیشتر پرتوهای بتا دلالت دارد. این اندازه‌گیری‌ها را در هر ضخامتی (چه یک لایه و یا چند لایه روی هم) می‌توان انجام داد و روی مقدار ضریب تضعیف تأثیری ندارد؛ چون در ضخامتهای کم (تک لایه) مقدار شدت به شدت اولیه به همان نسبت تغییر می‌کند.

$$\frac{0.184 - 0.099}{0.184} \times 100 = 46.19\%$$

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به استخراج کیتین از پوست سوسک و تبدیل آن به نانو ماده کیتوسان، ماده ای مقاوم در برابر تشعشعات رادیو اکتیو (بتا) حاصل شد. با وارد کردن حلال نانو ماده کیتوسان (اسید استیک) و افزودن آن بر روی پارچه، مقاومت پارچه در برابر تشعشعات رادیو اکتیو (بتا) افزایش یافت. با انجام تست XRD و FTIR و FESEM بر روی کریستال‌های حاصله از پوست سوسک، وجود نانو ماده کیتوسان تأیید گردید. ضمناً با انجام تست گایگر مولر نشان داده شده که پارچه پوشش داده شده با نانوذرات کیتوسان مقاومت بسیار مناسبی در برابر تشعشعات رادیو اکتیو دارد.

منابع

- [1] International Commission on Radiological Protection (ICRP). Recommendations of the international commission on radiological protection. Oxford, Pergamum Press; 1991. ICRP Report No.60.
- [2] Bulasubramanian D. Ultraviolet radiation and cataract. Jour OcaulPharmacolTher 2000;16(3): 285-97. [3] World Health Organization. Ultraviolet Radiation. USA: WHO Press; 1998. P.1-20.; Banrud H. Use of 4- short wave ultraviolet radiation for disinfection in operating rooms. Tidsskrift for den norskLaegeforening 1999; 119(18): 2670-3.
- [4] Khor, E. 2001. Chitin: fulfilling a biomaterials promise. Amsterdam: Elsevier Science. P.10.
- [5] Ana Rita Costa-Pinto, R. L. (2011). Scaffolds Based Bone Tissue Engineering: The Role of Chitosan. Tissue Engineering.
- [6] ARCA. H. Ç, ŞENEL. S, (2008), Chitosan Based Systems for Tissue Engineering Part 1: Hard Tissues, FABAD J. Pharm. Sci., 33, 35-49.
- [۷] نجف زاده، ن/ حبیبی، س/الله قلی قصری، م {تهیه نانو کیتوسان به منظور استفاده در صنایع نساجی و پزشکی} دومین کنفرانس بین المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در شیمی و مهندسی شیمی
- [8] L. Vojtech, Design of Radiofrequency Protective Clothing Containing Silver Nanoparticles, 5 (2013) 141-147.s
- [9] Richard A. Scott, Textiles for Protection, 2005. [10] Z. Yildiz, I. Usta, Investigation of the Electrical Properties and Electromagnetic Shielding Effectiveness of Polypyrrole Coated Cotton Yarns, 2 (2013) 32-37.
- [11] G. Rosace, Radiation protection finishes for textiles, 2015.
- [12] Siddiquie, P.J.A; Akbar, Z. and Quasim, R., 1987. Biochemical composition and calorific values of the three edible species of portunid crabs from Karachi. Pak J Aci Ind Res. 30: 119- 122.
- [13] Malekie, F. Ziaie study of novel dosimeter based on polyethylene-carbon nanotube composite nuclear instrument and methods in Physics Research section A: Accelerator Spermeter , Detectors and associated Equipment , 791 (2015) 1-5.
- [14] S. Malekie, F. Ziaie, S. Feizi, A. Esmaeli, Dosimetry characteristics of HDPE-SWCNT nanocomposite for real time application, Nuclear Instruments and Methods in Physics 21 Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 833 (2016) 127-133.
- [15] S. Malekie, F. Ziaie, A. Esmaeli, Study on dosimetry characteristics of polymer-CNT nanocomposites: Effect of polymer matrix, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 816 (2016) 101-105.]
- [۱۶] شهریار ملکی، فرهود ضیائی، شهزاد فیضی، سید مهدی هاشمی، ارژنگ شاهر و ناهید حاجیلو، "بررسی پاسخ آشکارسازی کامپوزیت پلیاتیلن-نانو لوله کربن به پرتوهای بتا و نوترون"، مقاله نامه کنفرانس فیزیک ایران، دانشگاه شیراز.
- [17] Preparation and Characterization of Chitosan-coated Fe3O4 Nanoparticles using ExSitu Co-Precipitation Method and Tripolyphosphate/Sulphate as Dual Crosslinkers , Ika O Wulandari et al 2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 299 012064.