

## فیلم پلیمر منعطف پلی کربنات-TPPF<sub>20</sub>: یک فیلم دزیمر رادیوکرومیک بالقوه برای مقاصد پرتو فر آوری

فیضی، شهزاد<sup>۱\*</sup> - ضیایی، فرهود<sup>۱</sup> - فتح الهی، هادی<sup>۲</sup>

۱. سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها
۲. سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده کشاورزی هسته ای

### چکیده:

در این پژوهش یک نوع دزیمر رادیوکرومیک با فرمولاسیون جدید ساخته شد. تتراکیس (پتتافلورو فنیل) پورفیرین (TPPF<sub>20</sub>) به عنوان بخش حساس این ابزار و پلی کربنات بعنوان ماتریس استفاده شد. ارزیابی پارامترهای دزیمریک سیستم مورد نظر با استفاده از یک ماشین کبالت- ۶۰ در گستره دز ۰ تا ۱۰۰ کیلوگری انجام شد. جذب مرئی ماوراء بنفش فیلم ها در طول موج ۴۱۴ نانومتر، در گستره دز ۰ تا ۹۰ کیلوگری، وابستگی خطی به میزان دز جذب شده دارد. بررسی اثرات نور مستقیم و غیر مستقیم پیش از پرتو دهی و همچنین اثر این عوامل بر محوشدگی پاسخ بررسی شد. کلمات کلیدی: پلی کربنات، TPPF<sub>20</sub>، دزیمر رادیوکرومیک، پرتو فر آوری

### مقدمه :

دزیمری با استفاده از انواع سیستم های اندازه گیری معمول همواره با مشکلات و معضلاتی همراه است. به عنوان مثال اتاقک یونش و نیمه هادی ها رزولوشن فضایی مناسبی را در بسیاری از طرح های درمان فراهم نمی کنند. اندازه گیری با دزیمرهای ترمولومینسانس، اگرچه دارای ابعاد کوچک هستند، به هنگام نیاز به توزیع دز یک یا دوبعدی بسیار پر زحمت و وقت گیر است و همچنین اطلاعات دزیمری آن ها را نمی توان ذخیره و بایگانی کرد. این مشکلات متخصصین فن را علاقه مند به ساخت دزیمری که دز جذب شده را با دقت قابل قبول ارائه دهد و از سویی سهولت کاربرد، حمل و تجزیه و تحلیل داده ها را در خود داشته باشد، کرد. با معرفی دزیمرهای رادیوکرومیک بسیاری از این ویژگی ها فراهم شد. این دزیمرها با رزولوشن فضایی بالا و حساسیت طیفی نسبتا اندک، تقریبا غیر حساس به نور مرئی بوده و بنابراین ساخت و حمل و نقل آن ها در شرایط معمولی محیط سهل است [۱].

اثر رادیوکرومیک، تغییر رنگ و یا تشکیل پلیمر در اثر جذب انرژی پرتوها است و نیاز به هرنوع فرآیند شیمیایی، نوری، حرارتی و یا هرنوع فرآیند تقویت کننده خروجی پس از پرتوگیری نیست. با توجه به این امتیازات سالیان سال است که دزیمرهای رادیوکرومیک به عنوان دزیمرهای روزمره برای اندازه گیری کمی

دز جذب شده از فوتون های پرنرزی گاما و پرتو الکترون مورد استفاده قرار می گیرند و بنابراین توسعه این نوع دزیمترها مورد علاقه کاربران و متخصصین فن است. در این پروژه یک نوع دزیمتر رادیوکرومیک با فرمولاسیون جدید ساخته شد. تتراکس (پنتافلوروفیل) پورفیرین (TPPF<sub>20</sub>) به عنوان بخش حساس این ابزار و پلی کربنات بعنوان ماتریس استفاده شد.

## دستورالعمل های تجربی

### مواد و روش ها

حلال ها و مواد شیمیایی از شرکت مرک و پلی کربنات از شرکت لگزان خریداری شد. تتراکس (پنتافلوروفیل) پورفیرین مطابق دستورالعمل گزارش شده در پژوهش های پیشین گروه تحقیقاتی حاضر سنتز شد [۲].

### آماده سازی فیلم ها

پلی کربنات (۱۸۸۴/۰ گرم) در کلروفرم (۵ میلی لیتر) حل شد. تتراکس (پنتافلوروفیل) پورفیرین (TPPF<sub>20</sub>) (۰/۰۹۴ گرم) بطور جداگانه در کلروفرم (۱ میلی لیتر) حل شد (نسبت وزنی پلی کربنات و رنگ بکار رفته ۱۰۰:۰/۵ است). محلول حاوی (TPPF<sub>20</sub>) به ظرف حاوی محلول پلی کربنات منتقل شد و به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد. سپس قالب گیری در یک پتری دیش شیشه ای انجام شد. برای جلوگیری از ایجاد غیر یکنواختی در فیلم نهایی، پتری دیش در اتاقی بدون جریان هوا و در دمای محیط به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شد. پس از تشکیل فیلم و تبخیر کامل حلال برای اطمینان از خروج کامل ذرات حلال فیلم به مدت ۱ ساعت در آونی با دمای ۵۰ درجه سانتیگراد نگهداری شد. پس از جداسازی فیلم از قالب، فیلم ها با ابعاد ۳×۱ cm<sup>2</sup> برش داده شده و آماده بررسی شدند.

### پرتو دهی

فیلم های PC/TPPF<sub>20</sub> به وسیله چشمه کبالت-۶۰ موجود در پژوهشکده کشاورزی هسته ای سازمان انرژی اتمی در یک سیلندر پلی استایرنی با ضخامت ۴ میلی متر که برای رسیدن به تعادل الکترونی مورد استفاده قرار می گیرد، با مقادیر دز از ۱۰ تا ۱۰۰ کیلوگری و با آهنگ دز ۲/۶۵ kGy/h پرتو دهی شدند.

### قرائت

پس از برش فیلم ها به شکل نوار، طیف جذبی فیلم های پرتو ندیده و پرتو دیده در گستره طول موج ۲۵۰ تا ۵۵۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفوتومتر مدل Du 800-beckman couler ثبت شد. ضخامت فیلم ها با استفاده از میکرومتر مدل Mitutoyo (دقت اندازه گیری ۱± میکرومتر) اندازه گیری شد.

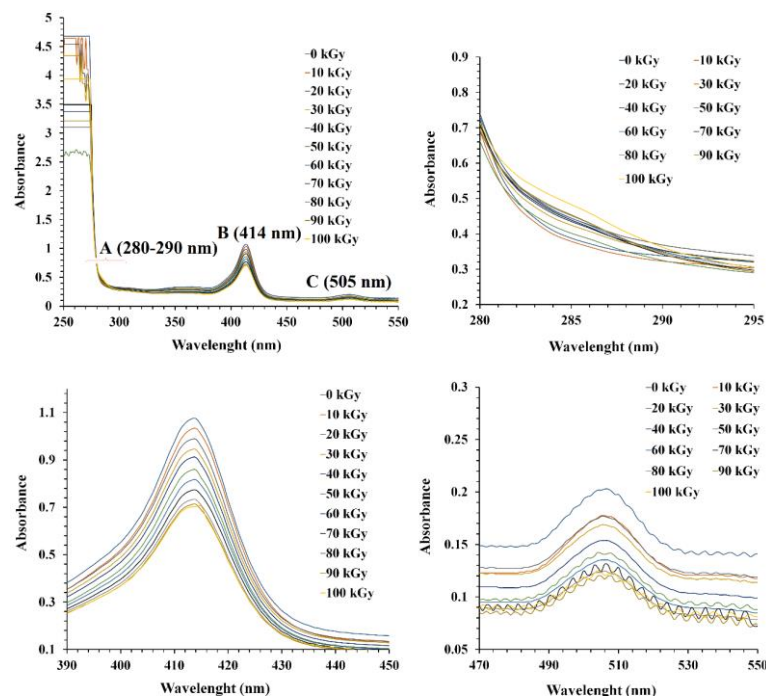
## بحث و نتایج

### تجزیه پرتوالقایی TPPF<sub>20</sub>

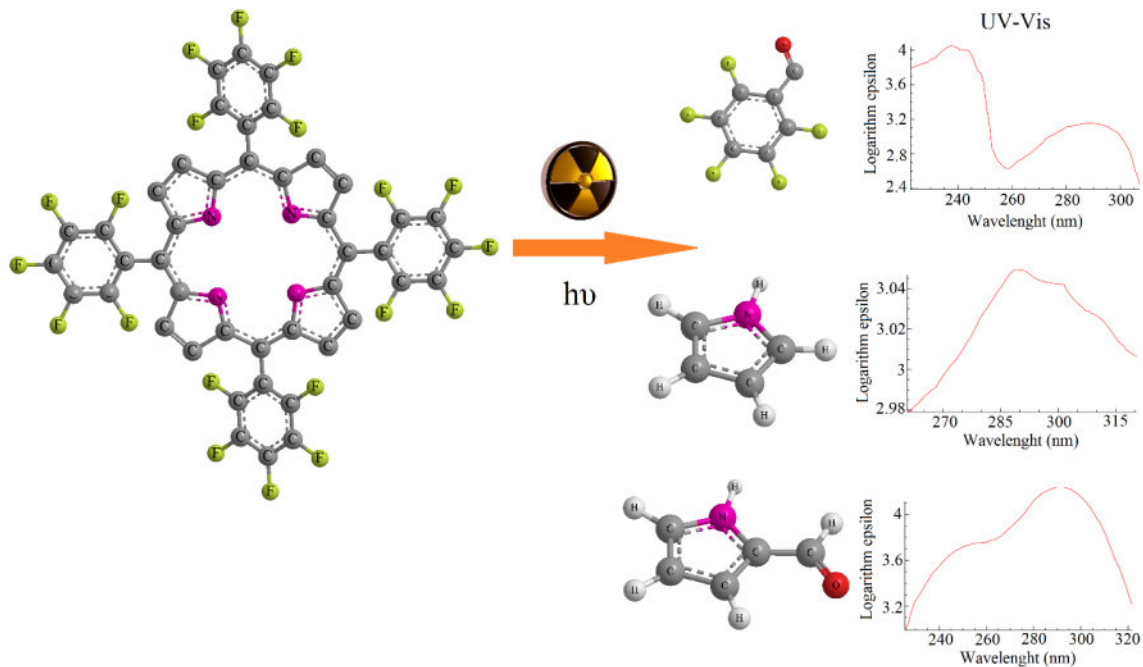
طیف جذبی فیلم های PC-TPPF<sub>20</sub> قبل و بعد از پرتودهی با پرتوهای گاما در شکل ۱ نشان داده شده است. در طیف ها سه ناحیه ویژه قابل مشاهده است که گسترده شده است. این نواحی شامل (الف) گستره طول موج ۲۸۰ تا ۲۹۰ نانومتر (ب) طول موج ۴۱۴ نانومتر (ج) طول موج ۵۰۵ نانومتر هستند. شاخص ترین قسمت در طیف جذبی فیلم ها جذب در طول موج ۴۱۴ نانومتر است که نوار سورت پورفیرین نام دارد و رنگ فیلم ها نیز وابسته به جذب در این طول موج است. با افزایش دز پرتو شدت این باند کاهش یافته و شاخصی برای اندازه گیری دز بدست می دهد. انرژی پرتوهای گاما باعث شکست مرحله به مرحله TPPF<sub>20</sub> شده و بنابراین غلظت این ترکیب در فیلم کاهش یافته و شدت جذب نیز کاهش می یابد.

گستره طول موج ۲۸۰ تا ۲۹۰ نانومتر اطلاعاتی از تجزیه اجزاء فیلم و تشکیل ترکیبات جدید در اثر پرتودهی، درخود دارد. با افزایش دز پرتو افزایش جذب در این ناحیه مشاهده می شود که احتمالاً وابسته به تشکیل مشتقات پیرول، پیرول کربوکسالدئید و پنتافلوروبنزآلدئید هستند که همگی در این ناحیه جذب دارند. مکانیزم احتمالی تجزیه پرتوالقایی در شکل ۲ نشان داده شده است.

پیک مشاهده شده در طول موج ۵۰۵ نانومتر به نام باند Q نیز مربوط به ترکیب پورفیرینی است. با توجه به اینکه ضریب جذب مولی باند Q نسبت به باند سورت به طور کلی حدود ۱۰ برابر کمتر است، حساسیت کمتری نسبت به واکنش ها دارد.



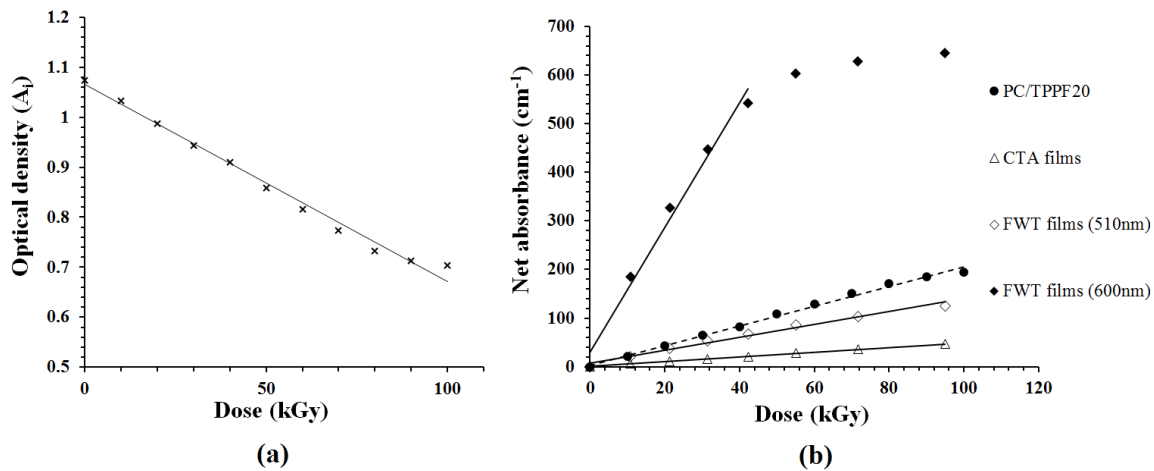
شکل ۱. طیف جذبی فیلم های پرتو ندیده و پرتو دیده PC-TPPF<sub>20</sub> تحت مقادیر دز ۱۰ تا ۱۰۰ کیلوگری.



شکل ۲. مکانیزم احتمالی تجزیه پرتوالقایی TPPF<sub>20</sub> و طیف جذبی اجزاء متشکله.

## نمودارهای دز-دانسیتة نوری و دز-پاسخ

به دلایلی که پیشتر ذکر شد، برای دریافت رفتار فیلم در برابر پرتو تغییرات دانسیته نوری در طول موج ۴۱۴ نانومتر مد نظر قرار گرفت. منحنی دز-دانسیتة نوری با رسم مقادیر جذب بر حسب دز حاصل شد (شکل ۳a). مقادیر  $\Delta A = A_0 - A_i$ ، که در آن  $A_0$  و  $A_i$  به ترتیب مقادیر دانسیته نوری برای فیلم پرتو ندیده و فیلم پرتو دیده  $i$  ام هستند، به عنوان پارامتری از تغییرات رادیوکرومیک نسبت به دز جذبی رسم شد (شکل ۳b).

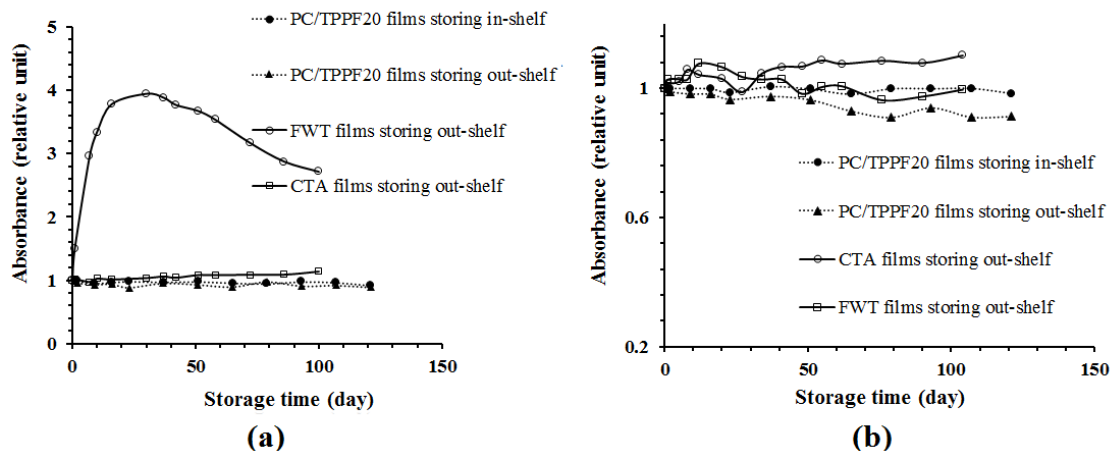


شکل ۳. نمودارهای دز-دانسیتیه نوری (a) و دز-پاسخ (b) فیلم های PC-TPPF<sub>20</sub>.

همانطور که در شکل ۳b مشاهده می شود، جهت مقایسه، نمودارهای دز-پاسخ فیلم دزیمترهای تجاری CTA و FWT نیز رسم شده است. فیلم های PC-TPPF<sub>20</sub> در مقایسه با FWT علاوه بر حساسیت بالاتر، از گستره پاسخ دهی خطی وسیع تری نیز برخوردار است. این فیلم ها در مقایسه با فیلم های تجاری CTA گستره پاسخ دهی خطی وسیع تری دارند اما از سویی حساسیت آن ها کمتر است.

### پایداری پیش و پس از پرتودهی

به هنگام استفاده از هر دزیمتری، همواره بایستی توجه خاصی به پایداری شیمیایی آن قبل از پرتوگیری و همچنین اثرات محوشدگی پاسخ معطوف داشت. مهمترین فاکتورهای محیطی که ممکن است باعث تغییرات شیمیایی در فیلم ها شده و پاسخ دزیمتر را تحت تأثیر قرار دهند و موجب ایجاد خطا در اندازه گیری دز جذب شده شوند، عبارتند از دما، رطوبت نسبی، نور محیط و نیز آهنگ دز جذبی. در این پژوهش پایداری فیلم ها پیش از پرتودهی و پس از آن در برابر نور غیر مستقیم و در تاریکی بررسی شد (شکل ۴). تغییرات جذب فیلم های پرتو ندیده در مدت زمان ۱۲۰ روز در حضور نور غیر مستقیم و در شرایط بدون نور به ترتیب ۱۱/۰٪ و ۸/۱٪ است (شکل ۴a). برای بررسی اثر نور محیط بر محوشدگی پاسخ نیز دو نمونه فیلم پرتو ندیده با مقدار دز ۱۰ کیلوگری در مدت زمان ۱۲۰ روز تحت پایش دانسیته نوری قرار گرفت. تغییرات جذب فیلم های پرتو دیده در مدت زمان ۱۲۰ روز در حضور نور غیر مستقیم و در شرایط بدون نور به ترتیب ۸/۷٪ و ۱/۶٪ است (شکل ۴b).



شکل ۴. تغییرات جذب فیلم های PC-TPPF<sub>20</sub> در شرایط بدون نور و نور غیر مستقیم، پیش از پرتو دهی (a)، پس از پرتو دهی (b).

#### نتیجه گیری :

فیلم های PC-TPPF<sub>20</sub> قابلیت کاربرد به عنوان یک دزیمتر دز بالا برای اهداف پرتو فرآوری را داراست. پاسخ دهی فیلم ها به دز تابشی در محدوده تابش ۰ تا ۹۵ کیلوگری خطی است. به این صورت که اندک آثار محو شدگی در نزدیکی ۱۰۰ کیلوگری به طور ناواضحی پدیدار شده است. در مدت زمان مورد بررسی پایداری شیمیایی این فیلم دزیمترها در محیط بدون نور، برای فیلم پرتو دیده و پرتوندیده مناسب و بیش از ۴ ماه است. فیلم ها در معرض نور غیر مستقیم بیشتر تحت تاثیر قرار می گیرند. پیش از تابش دهی میزان تغییرات جذب پس از ۱۲۰ روز در شرایط بدون نور و در نور غیر مستقیم به ترتیب ۸/۱ و ۱۱/۰٪ است. همچنین این تغییرات برای فیلم پرتو دیده به میزان ۱۰ کیلوگری به ترتیب برابر با ۱/۶ و ۸/۷٪ است.

#### مراجع :

- [1]. Azam Niroomand-Rad, Charles Robert Blackwell, Bert M. Coursey, Kenneth P. Gall, James M. Galvin, William L. McLaughlin, Ali S. Meigooni, Ravinder Nath, James E. Rodgers, Christopher G. Soares, *Med. Phys.* 25, 1998, 2093-2115.
- [2]. Yousef Fazaeli, Shahzad Feizi, Amir R Jalilian, Ali Hejrani, *Applied Radiation and Isotopes* 112, 2016, 13-19.