



## ساخت دزیمتر ژل فریک پلی وینیل الکل و بررسی اثر غلظت و شرایط نگهداری بر پاسخ آن

مهسا صدیقی<sup>۱</sup>، الهام عدالتخواه\*<sup>۲</sup>، پیوند طاهرپرور<sup>۱</sup>

۱. گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، صندوق پستی: ۴۱۳۳۳۵-۱۹۱۴، رشت - ایران  
۲. پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی: ۱۱۳۶۵-۳۴۸۶، تهران - ایران

\*Email: eedalatkhah@aeoi.org.ir

### مقاله‌ی پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۴/۲۸

### چکیده

با بررسی اثر عوامل مؤثر بر پاسخ یک دزیمتر ژل فریک، می‌توان به نمونه بهینه‌ای دست یافت که در کاربردهای دزیمتری حساسیت بهتر و محوشدگی پاسخ کم‌تری داشته باشد. در این پژوهش، نمونه‌های دزیمتر ژل فریک پلی وینیل الکل با غلظت‌های متفاوت از مواد تشکیل‌دهنده آن ساخته شدند. نمونه‌ها تا دز ۶۰ گری در یک سیستم گاماسل پرتودهی شدند. ارزیابی نمونه‌های تهیه شده با طیف‌سنج نوری نشان داد که دزیمتر شامل ۱۰٪ پلی وینیل الکل با جرم مولکولی ۷۲۰۰۰ g/mol، ۲۵ mM اسید سولفوریک ۹۸٪، ۰/۵ mM فرس آمونیم سولفات، ۰/۱۶۵ mM زایلنول اورنج سدیم، ۱٪ گلوئارآلدئید و آب فوق خالص حساسیت بالاتری دارد. همچنین این ترکیب محدوده پاسخ خطی گسترده‌تری به دست می‌دهد. با ساخت ترکیب پیشنهادی دزیمتر در چند دسته و نگهداری در شرایط مختلف محیطی قبل و بعد از پرتودهی مشخص گردید نمونه‌های ساخته شده در شرایط نگهداری یخچال و تاریکی تا ۱۰ روز پس از ساخت پایدارند. درحالی‌که نگهداری دزیمترها در شرایط دمای اتاق و روشنایی سبب کاهش پایداری و محوشدگی پاسخ می‌گردد.

**کلیدواژه‌ها:** دزیمتر ژل فریک پلی وینیل الکل، پاسخ دزیمتر، اثر عوامل تشکیل‌دهنده، شرایط نگهداری دزیمتر

## Preparation of PVA Fricke gel dosimeters and survey of concentration and maintenance condition effects on its response

M. Sedighi<sup>1</sup>, E. Edalatkhah\*<sup>2</sup>, P. Taherparvar<sup>1</sup>

1. Physics Department, Faculty of Science, University of Guilan, P.O.Box: 413335-1914, Rasht - Iran

1. Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.Box: 11365-3486, Tehran - Iran

### Research Article

Received 19.2.2023, Accepted 19.7.2023

### Abstract

A survey of effective factors on the response of a Fricke gel dosimeter leads to an optimum sample dosimeter with better sensitivity and lower fading in dosimetric applications. In this research, samples of PVA Fricke gel dosimeters were prepared with different concentrations of the constituents. Samples were irradiated up to 60 Gy with a gamma cell. Measurement of the samples with a spectrophotometer showed 10% PVA, atomic mass of 72000, 25 mM sulphuric acid, 0.5 mM ferrous ammonium sulphate, 0.165 mM xylene orange, 1% glutaraldehyde and ultrapure water has the highest sensitivity. In addition, this composition provides a wider range of linear responses. Preparation of the suggested dosimeter in several groups and maintenance at different conditions, before and after irradiation, showed that the samples maintained in a dark place and refrigerator were stable for up to 10 days, whereas the samples maintained in other conditions lost their stability and started to fade.

**Keywords:** PVA Fricke gel dosimeters, Dose response, Constituents' effect, Maintenance conditions



## ۱. مقدمه

دزیمترهای ژل فریک در کاربردهای دزیمتری سه بعدی به عنوان فانتوم استفاده می‌شوند و معادل بافت هستند [۱]. عملکرد آن‌ها مبنی بر اکسایش یون‌های فروس به یون‌های فریک بر اثر پرتودهی می‌باشد [۲]. رنگ القایی دزیمترهای ژل فریک بر اثر پرتودهی با افزایش دز جذبی تغییر می‌کند [۳]. بدین ترتیب تحلیل توزیع فضایی دز با طیف‌سنج نوری امکان‌پذیر می‌شود [۴].

عوامل تشکیل‌دهنده یک دزیمتر ژل بر حساسیت دزیمتر و محدوده پاسخ خطی آن مؤثر هستند. بنابراین لازم است اثر غلظت مواد تشکیل‌دهنده دزیمتر و شرایط محیطی و دمایی بر پاسخ آن بررسی شوند. وجود ژل در ترکیب دزیمتر به دلیل تشکیل زنجیره‌های طولانی موجب پایداری بیشتر دزیمتر می‌شود. از طرفی حساسیت دزیمتر به دلیل واکنش‌های زنجیره‌ای افزایش می‌یابد [۵]. ایجاد یک محیط اسیدی برای حل شدن یون‌های فروس ضروری است. با این وجود، سبب شکسته شدن ساختار زنجیره‌ای عامل ژل می‌شود [۶]. از طرفی شرایط نگهداری دزیمتر نیز بر پایداری پاسخ و محوشدگی آن تأثیرگذار است [۷]. برای آن که دزیمتر به خوبی در کاربردهای درمانی ایفای نقش کند، باید تکرارپذیر، پایدار و حساس باشد. بدین منظور مطالعاتی بر پاسخ دزیمترهای ژل فریک انجام شده است. در سال ۲۰۱۴ اثر غلظت فروس بر پاسخ دزیمتر FAX با تصویربرداری تشدید مغناطیسی مورد بررسی قرار گرفت [۸]. در سال ۲۰۱۵، گوهاری و همکاران نگهداری دزیمتر ژل فریک را در سه شرایط نگهداری متفاوت مورد بررسی قرار دادند [۹]. در سال ۲۰۱۷ مرینی و همکاران با ساخت دو ترکیب متفاوت ژل فریک PVA-GTA با غلظت‌های متفاوت گلوپتارآلدئید به حساسیت بیشتر و پخش پایین‌تر یون‌های فریک دست یافتند [۱۰]. در سال ۲۰۱۸، ایاده و همکاران با ساخت ۷ نوع ژل در غلظت‌های متفاوت از مواد تشکیل‌دهنده دزیمتر ژل فریک، پاسخ آن‌ها را به روش نوری تحلیل کردند [۱۱]. در سال ۲۰۱۹ تأثیر تغییرات غلظت اسید سولفوریک بر پاسخ دزیمتر ژل فریک PVA-GTA با اندازه‌گیری‌های جذب نوری تحقیق شد [۱۲].

دزیمتر پلی وینیل الکل پیوند شده با گلوپتارآلدئید (PVA-GTA) نمونه اخیر معرفی شده دزیمتر ژل فریک است که نسبت به نمونه‌های پیشین، ضریب پخش کم‌تر و در نتیجه محوشدگی پاسخ کم‌تری دارد [۱۳]. هدف این پژوهش، بررسی اثر تغییرات غلظت عوامل تشکیل‌دهنده دزیمتر ژل فریک PVA-GTA یعنی پلی وینیل الکل، اسید سولفوریک، سولفات فروس آمونیم، زایلنول اورنج سدیم و گلوپتارآلدئید است. بدین منظور، نمونه‌های دزیمتر ژل فریک PVA-GTA با تغییر در

غلظت‌های هر یک از عوامل تشکیل‌دهنده در مراحل مختلف تهیه شدند، سپس پاسخ هر دزیمتر با طیف‌سنجی نوری بررسی شد تا غلظت هر یک از عوامل تشکیل‌دهنده که منجر به پاسخ خطی و حساسیت بالاتر می‌شود به عنوان غلظت بهینه انتخاب شود. بدین ترتیب دزیمتر پیشنهادی ژل فریک PVA-GTA معرفی گردید. سپس شرایط نگهداری دزیمتر قبل و بعد از پرتودهی با گاما بررسی شد. بدین منظور دزیمترها در شرایط متفاوت محیطی نگهداری شدند تا اثر نور و دما با گذشت زمان بر پاسخ دزیمتر مشخص گردد. پاسخ هر نمونه در روزهای متوالی با طیف‌سنجی نوری بررسی شد تا شرایط نگهداری که کم‌ترین تغییر را در جذب دزیمتر ایجاد می‌کند به عنوان بهترین شرایط نگهداری دزیمتر انتخاب گردد.

## ۲. مواد و روش‌ها

در این پژوهش، دزیمتر PVA-GTA با مواد پلی وینیل الکل، اسید سولفوریک، سولفات فروس آمونیم، زایلنول اورنج سدیم، گلوپتارآلدئید و آب تهیه شد. به منظور انتخاب غلظت بهینه هر یک از عوامل تشکیل‌دهنده و معرفی دزیمتر پیشنهادی، ۱۳ نوع دزیمتر با ترکیب‌های متفاوت ساخته شدند. روش مورد استفاده در ساخت دزیمترها مطابق مرجع ۱۴ است [۱۴].

برای ساخت نمونه‌ها، ابتدا در ۷۰ درصد از حجم نهایی محلول، پلی وینیل الکل در آب حل گردید. از هم‌زن مغناطیسی جهت افزایش دما و همگنی محلول استفاده شد. ۴۵ دقیقه زمان طی شد تا محلول پلی وینیل الکل به خوبی در آب حل شد و رنگ محلول کاملاً شفاف گردید. سپس دمای محلول پلی وینیل الکل به دمای محیط رسانده شد تا محلول فریک در این دما به آن اضافه گردد. محلول فریک شامل اسید سولفوریک، سولفات فروس آمونیم و زایلنول اورنج در آب است که در مجموع ۲۰ درصد حجم کل محلول را تشکیل می‌دهد. پس از آن که محلول فریک به محلول پلی وینیل الکل اضافه شد، ترکیب دو محلول با هم‌زن همگن شد تا محلول گلوپتارآلدئید که حجم باقی‌مانده محلول را تشکیل می‌دهد به آن اضافه شد. محلول گلوپتارآلدئید از آب، اسید و گلوپتارآلدئید تهیه شد.

در هر مرحله، هر دزیمتر ژل از غلظت‌های متفاوت مواد تشکیل‌دهنده تهیه شد. ۱۳ نوع دزیمتر که ترکیب آن‌ها در جداول ۱ و ۲ مشخص گردید، تهیه شدند. در این ترکیب‌ها، غلظت پلی وینیل الکل به صورت ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد، غلظت اسید سولفوریک به صورت ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی مولار، غلظت سولفات فروس آمونیم به صورت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی مولار، غلظت زایلنول اورنج به صورت ۰/۱، ۰/۱۶۵ و ۰/۲ میلی مولار، غلظت گلوپتارآلدئید به صورت ۰، ۱ و ۲۵ درصد حجمی تغییر



نمونه‌های دزیتر پس از آماده‌سازی با دستگاه گاماسل-۲۲۰ در محدوده ۱۰-۶۰ گری پرتو دهی شدند. به منظور بررسی تکرارپذیری، سه کووت یکسان در هر دز در برابر شار گاما قرار گرفت. بنابراین ۱۸ کووت از هر یک از ۱۳ ترکیب متفاوت تهیه شده پرتو دهی شدند تا اثر تغییرات غلظت هر یک از مواد تشکیل‌دهنده دزیتر بر پاسخ آن بررسی شود.

پس از پرتو دهی نمونه‌ها، اجازه داده شد تا مدت زمان لازم برای برقراری تعادل شیمیایی نمونه‌ها بگذرد، سپس با استفاده از طیف‌سنج نوری، اندازه‌گیری جذب دزیترها در محدوده ۳۵۰ تا ۶۵۰ نانومتر انجام شد.

به منظور انتخاب شرایط نگهداری دزیتر، شش دسته دزیتر با غلظت بهینه تهیه شدند. دسته اول در یخچال و تاریکی، دسته دوم در دمای اتاق و تاریکی و دسته سوم در دمای اتاق و روشنایی نگهداری شدند. برای آن که دزیترها در تاریکی باشند، در یک فویل آلومینیمی پیچیده شدند تا در معرض هیچ نوری قرار نگیرند. این آزمون، برای نمونه‌های پرتو دهی شده با دز ۳۰ گری (دسته‌های چهارم، پنجم و ششم) تکرار شد. نمونه‌های نگهداری شده در شرایط متفاوت، در روزهای متوالی با طیف‌سنج نوری تحلیل شدند تا اثر شرایط نگهداری بر پاسخ دزیتر بررسی گردد.

### ۳. نتایج و بحث

طیف جذب نمونه دزیتر ژل فریک تهیه شده در شکل ۱ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود قله جذب دزیترهای پرتو دهی شده در ۵۸۵ nm است. بیشینه جذب در این طول موج برحسب دز منحنی پاسخ دز را به دست می‌دهد. شیب منحنی معرف حساسیت دزیتر می‌باشد [۱۵]. در بخش‌های بعد منحنی‌های پاسخ به دست آمده دزیتر در شرایط مختلف آورده شده‌اند. هر نقطه در نمودارها، میانگین جذب سه داده اندازه‌گیری شده در هر دز می‌باشد. منابع عدم قطعیت شامل خطای آماری اندازه‌گیری و خطای سیستماتیک تجهیزات استفاده شده است. کالیبراسیون سیستم پرتو دهی، خطای طیف‌سنج نوری در خوانش دزیتر و برازش منحنی به داده‌ها از جمله این منابع هستند.

داده شدند. در همه ترکیب‌ها به جز ترکیب ۱۳ از آب فوق خالص برای ساخت نمونه‌ها استفاده شد. در ترکیب ۱۳ از آب دوبار تقطیر استفاده گردید. پس از آماده‌سازی، دزیتر در کووت‌های پلی متیل متاکریلات به حجم  $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}$  ریخته شد. به منظور جلوگیری از ورود اکسیژن به دزیترها، کووت‌ها با پارافیلیم بسته شدند.

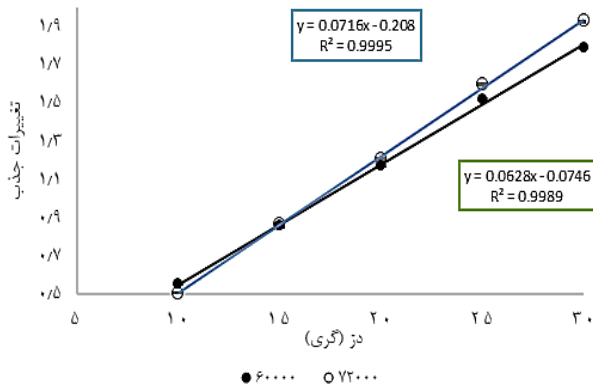
**جدول ۱.** غلظت اسید سولفوریک، غلظت پلی وینیل الکل و جرم مولکولی آن در هر یک از ۱۳ ترکیب ساخته شده

ترکیب	جرم مولکولی پلی وینیل الکل (g/mol)	پلی وینیل الکل (w/w)	اسید سولفوریک (mM)
۱	۶۰۰۰۰	۱۰	۲۵
۲	۷۲۰۰۰	۱۰	۲۵
۳	۷۲۰۰۰	۵	۲۵
۴	۷۲۰۰۰	۱۵	۲۵
۵	۷۲۰۰۰	۱۰	۵۰
۶	۷۲۰۰۰	۱۰	۷۵
۷	۷۲۰۰۰	۱۰	۲۵
۸	۷۲۰۰۰	۱۰	۲۵
۹	۷۲۰۰۰	۱۰	۲۵
۱۰	۷۲۰۰۰	۱۰	۲۵
۱۱	۷۲۰۰۰	۱۰	۲۵
۱۲	۷۲۰۰۰	۱۰	۲۵
۱۳	۷۲۰۰۰	۱۰	۲۵

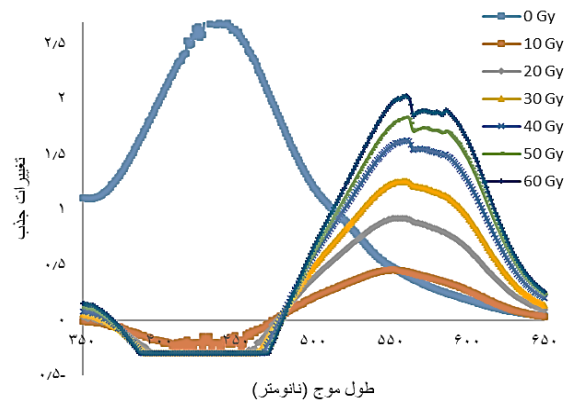
**جدول ۲.** غلظت سولفات آمونیوم، سولفات، زایلنول اورنج و گلو تار آلدئید در هر یک از ۱۳ ترکیب ساخته شده

ترکیب	سولفات فروس آمونیوم (mM)	زایلنول اورنج (mM)	گلو تار آلدئید (w/w)
۱	۰٫۵	۰٫۱۶۵	۱
۲	۰٫۵	۰٫۱۶۵	۱
۳	۰٫۵	۰٫۱۶۵	۱
۴	۰٫۵	۰٫۱۶۵	۱
۵	۰٫۵	۰٫۱۶۵	۱
۶	۰٫۵	۰٫۱۶۵	۱
۷	۱	۰٫۱۶۵	۱
۸	۱٫۵	۰٫۱۶۵	۱
۹	۰٫۵	۰٫۱	۱
۱۰	۰٫۵	۰٫۲	۱
۱۱	۰٫۵	۰٫۱۶۵	۰٫۲۵
۱۲	۰٫۵	۰٫۱۶۵	۰
۱۳	۰٫۵	۰٫۱۶۵	۱





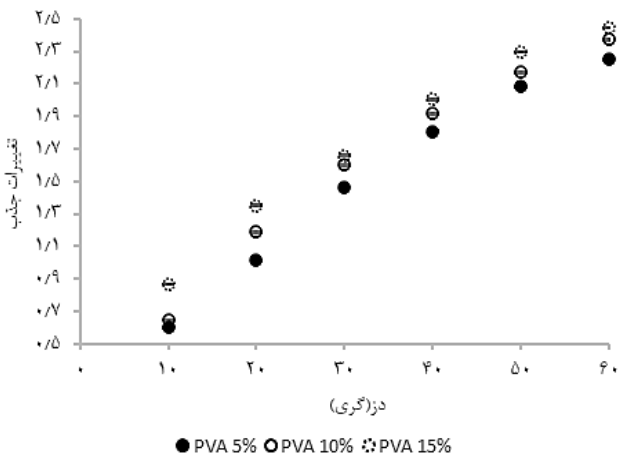
شکل ۲. تغییرات جذب در طول موج ۵۸۵ نانومتر برحسب دز برای جرم مولکولی متفاوت پلی وینیل الکل.



شکل ۱. طیف جذب دزیمر تهیه شده.

### ۱.۳ اثر تغییر جرم مولکولی پلی وینیل الکل

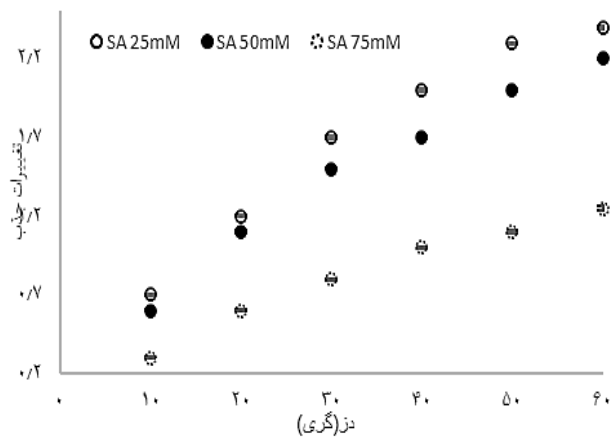
شکل ۲ تغییرات جذب اندازه‌گیری شده برحسب دز برای دزیمرهای تهیه شده با دو جرم مولکولی متفاوت پلی وینیل الکل، ۶۰۰۰۰ و ۷۲۰۰۰، (ترکیب‌های ۱ و ۲ طبق جداول ۱ و ۲) را نشان می‌دهد. حساسیت دزیمر با جرم مولکولی ۶۰۰۰۰ برابر با ۰/۰۶۲ و حساسیت دزیمر با جرم مولکولی ۷۲۰۰۰ برابر با ۰/۰۷۱ است. حساسیت دزیمر ساخته شده، ۰/۰۷۱، ۰/۰۷۳، هم‌خوانی خوبی با حساسیت دزیمر مرجع [۱۰]، دارد. جرم مولکولی بالای پلی وینیل الکل در ترکیب دزیمر ژل، از اکسایش خود به خودی جلوگیری می‌کند و بر حساسیت دزیمر می‌افزاید.



شکل ۳. تغییرات جذب در طول موج ۵۸۵ نانومتر برحسب دز برای غلظت‌های متفاوت پلی وینیل الکل.

### ۲.۳ اثر تغییرات غلظت پلی وینیل الکل

شکل ۳ تغییرات جذب اندازه‌گیری شده برحسب دز برای غلظت‌های متفاوت پلی وینیل الکل (ترکیب‌های ۲، ۳ و ۴ طبق جداول ۱ و ۲) را نشان می‌دهد در غلظت‌های پایین پلی وینیل الکل، تعیین فضایی دز جذبی با مشکل روبه‌رو است. با افزایش غلظت پلی وینیل الکل اشباع زودهنگام پاسخ رخ می‌دهد که باعث کاهش حساسیت دزیمر خواهد شد. بنابراین غلظت ۱۰ درصد پلی وینیل الکل نسبت به سایر غلظت‌های آن برتری دارد.



شکل ۴. تغییرات جذب در طول موج ۵۸۵ نانومتر برحسب دز برای غلظت‌های متفاوت اسید سولفوریک.

### ۳.۳ اثر تغییرات غلظت اسید سولفوریک

شکل ۴ تغییرات جذب اندازه‌گیری شده برحسب دز برای غلظت‌های متفاوت اسید سولفوریک (ترکیب‌های ۲، ۵ و ۶ طبق جداول ۱ و ۲) را نشان می‌دهد. با افزایش غلظت اسید سولفوریک، محدوده پاسخ خطی گسترش پیدا می‌کند، اما حساسیت دزیمر کاهش می‌یابد. غلظت بالای اسید سولفوریک نیز تهیه ژل پایدار را با مشکل روبه‌رو خواهد کرد.



۴.۳ اثر تغییرات غلظت سولفات فروس آمونیم

در شکل ۵ منحنی پاسخ دزیمتر در غلظت‌های متفاوت یون فروس (ترکیب‌های ۲، ۷ و ۸ طبق جداول ۱ و ۲) آورده شده است. افزایش غلظت یون فروس محدوده پاسخ خطی را افزایش نمی‌دهد و موجب کاهش حساسیت می‌شود. همچنین در غلظت‌های بالای یون فروس، محوشدگی پاسخ دزیمتر آشکارتر می‌گردد.

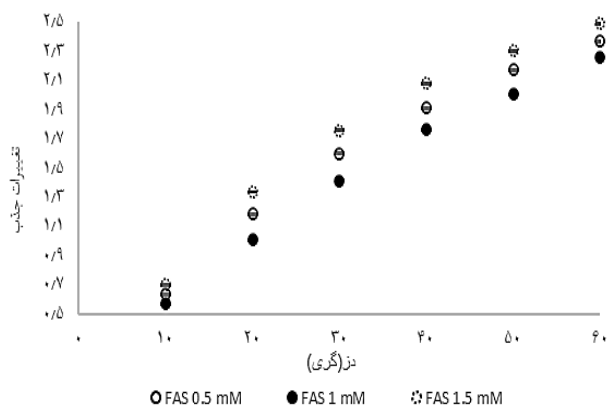
۵.۳ اثر تغییرات غلظت زایلنول اورنج

در شکل ۶ تغییرات جذب اندازه‌گیری شده برحسب دز برای غلظت‌های متفاوت زایلنول اورنج (ترکیب‌های ۲، ۹ و ۱۰ طبق جداول ۱ و ۲) آورده شده است. با افزایش غلظت زایلنول اورنج، محدوده پاسخ خطی افزایش می‌یابد. همچنین حضور زایلنول اورنج کاهش پخش و افزایش پایداری را به دنبال خواهد داشت.

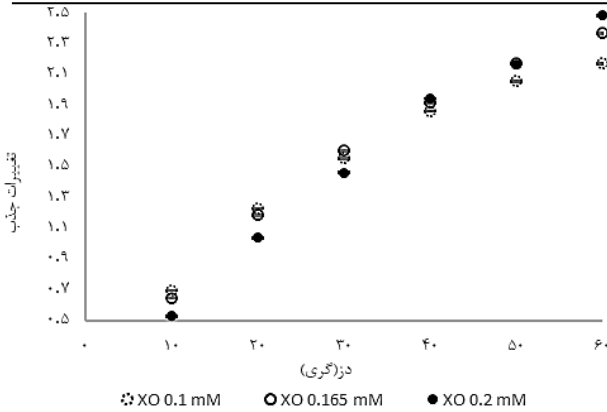
۶.۳ اثر تغییرات غلظت گلوآرآلدهید

گلوآرآلدهید نقش اساسی در کاهش پخش یون‌های فریک در دزیمتر ژل فریک PVA-GTA را ایفا می‌کند. شکل ۷ تغییرات جذب در سه حالت بدون گلوآرآلدهید و در درصدهای ۱ و ۲۵ را با یکدیگر (ترکیب‌های ۲، ۱۱ و ۱۲ طبق جداول ۱ و ۲) مقایسه می‌کند.

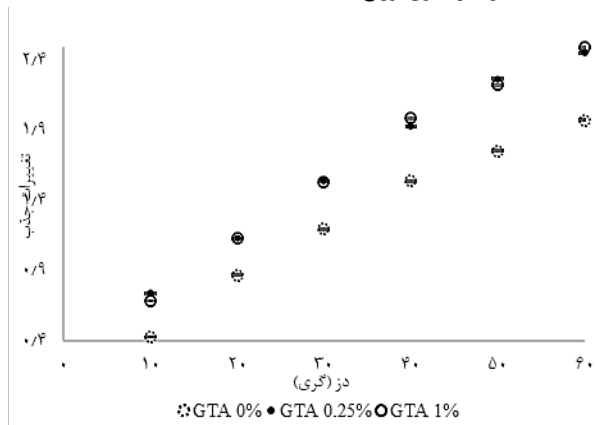
نتایج نشان می‌دهند حضور گلوآرآلدهید سبب افزایش جذب می‌شود. گلوآرآلدهید با عامل ژل اتصال عرضی می‌نماید و حساسیت دزیمتر ژل فریک افزایش پیدا می‌کند. از طرفی افزایش غلظت گلوآرآلدهید باعث می‌شود تا آهنگ پخش یون‌های فریک در دزیمتر کاهش پیدا کند. در نتیجه دزیمتر ثبات زمانی دارد و پایدارتر است.



شکل ۵. تغییرات جذب در طول موج ۵۸۵ نانومتر برحسب دز برای غلظت‌های متفاوت سولفات فروس آمونیم.



شکل ۶. تغییرات جذب در طول موج ۵۸۵ نانومتر برحسب دز برای غلظت‌های متفاوت زایلنول اورنج.



شکل ۷. تغییرات جذب در طول موج ۵۸۵ نانومتر برحسب دز برای غلظت‌های متفاوت گلوآرآلدهید.

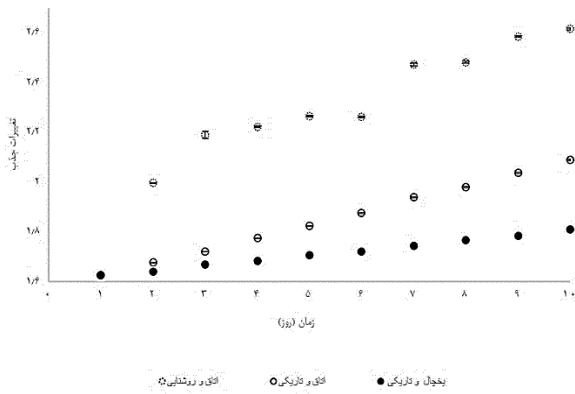
۷.۳ اثر نوع آب استفاده شده

از دو نوع آب دو بار تقطیر و آب فوق خالص در ترکیب دزیمتر ژل فریک PVA-GTA (ترکیب‌های ۲ و ۱۳ طبق جداول ۱ و ۲) استفاده شد. هنگام ساخت دزیمتر با آب فوق خالص مشاهده گردید که فرایند آسان‌تری سپری می‌شود. شکل ۸ پاسخ دزیمتر ژل فریک را در دو نوع آب مقایسه می‌کند. وجود آب فوق خالص محدوده پاسخ خطی را گسترده می‌کند و حساسیت دزیمتر را افزایش می‌دهد.

۸.۳ بررسی اثر شرایط نگهداری بر پاسخ دزیمتر

شکل ۹ جذب نمونه‌های دزیمتر ژل فریک PVA-GTA (ترکیب ۲) قبل از پرتودهی را در سه شرایط متفاوت نگهداری نشان می‌دهد. نمودارها بر حسب جذب (1/cm) بر حسب زمان (روز) رسم شده است. هنگامی که نمونه‌ها در یخچال و تاریکی نگهداری شدند، پس از گذشت ۱۰ روز تغییری در جذب آن‌ها مشاهده نشد. جذب نمونه‌هایی که در تاریکی و دمای اتاق نگهداری شده‌اند، نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در یخچال





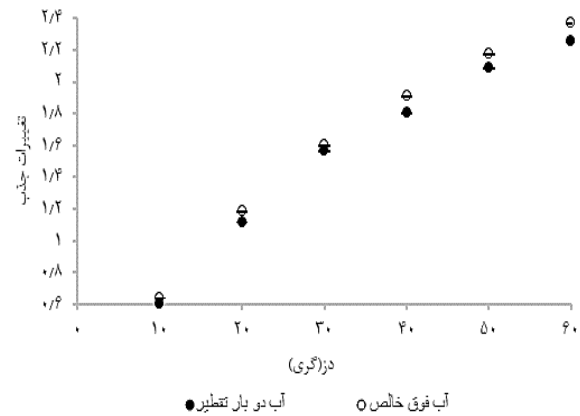
شکل ۱۰. تغییرات جذب در طول موج ۵۸۵ نانومتر بر حسب دز برای شرایط نگهداری متفاوت دزیمتر بعد از پرتودهی.

#### ۴. نتیجه‌گیری

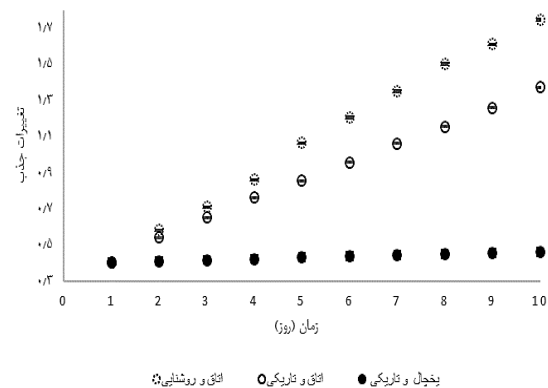
در این پژوهش، ابتدا دزیمترهای ژل فریک PVA-GTA ساخته شد. نمونه‌ها پس از پرتودهی تا ۶۰ گری، با طیف‌سنج نوری خوانش شدند. سپس اثر تغییر غلظت و شرایط نگهداری بر پاسخ دزیمتر ارزیابی شد. نتایج نشان دادند که بهترین ترکیب دزیمتر ژل فریک PVA-GTA شامل آب فوق خالص، ۱۰٪ پلی وینیل الکل با جرم مولکولی ۷۲۰۰۰ g/mol، ۲۵ mM اسید سولفوریک ۹۸٪، ۰.۵ mM سولفات فروس آمونیم، ۰.۱۶۵ mM زایلنول اورنج و ۱٪ گلوآرالدهید می‌باشد (ترکیب ۲). نمونه‌های دزیمتر با ترکیب مذکور جهت بررسی شرایط نگهداری قبل و بعد از پرتودهی در روزهای متوالی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن است که نگهداری دزیمتر در دمای اتاق و روشنایی شرایط مناسبی را فراهم نخواهد کرد و دزیمتر با گذشت زمان پایداری خود را از دست می‌دهد. در حالی که دزیمترها با نگهداری در یخچال و تاریکی تا ۱۰ روز پایداری دارند. هم‌خوانی خوب حساسیت دزیمتر ساخته شده و هم‌چنین روند یکسان نمودارهای بررسی اثرات غلظت با مراجع ذکر شده نشان از درستی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش دارد.

پس از ۱۰ روز ۳ برابر شد. هم‌چنین جذب نمونه‌های نگهداری شده در اتاق و روشنایی، نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در یخچال پس از گذشت ۱۰ روز از زمان ساخت دزیمتر ۳/۸ برابر شد. بنابراین می‌توان گفت نمونه‌های ساخته شده در صورت نگهداری در یخچال و تاریکی تا ۱۰ روز پایداری دارند.

شکل ۱۰ اثر شرایط نگهداری دزیمتر (ترکیب ۲) بر پاسخ آن را در شرایط دمایی و محیطی متفاوت پس از پرتودهی در دز ۳۰ گری نشان می‌دهد. جذب نمونه‌های نگهداری شده در یخچال پس از گذشت ۱۰ روز تغییر چندانی نکرده است. نمونه‌هایی که در اتاق و تاریکی نگهداری شدند، ۲۸ درصد از پایداری خود را پس از گذشت ۱۰ روز از دست می‌دهند. هم‌چنین نگهداری در روشنایی و دمای اتاق موجب شد تا پایداری نمونه‌های پرتودهی شده در دز ۳۰ گری، پس از ۱ روز ۲۲ درصد و پس از ۱۰ روز ۶۰ درصد کاهش یابد. بنابراین بهترین شرایط نگهداری دزیمتر در یخچال و محیط تاریک می‌باشد.



شکل ۸. تغییرات جذب در طول موج ۵۸۵ نانومتر بر حسب دز.



شکل ۹. تغییرات جذب در طول موج ۵۸۵ نانومتر بر حسب دز برای شرایط نگهداری متفاوت دزیمتر قبل از پرتودهی.

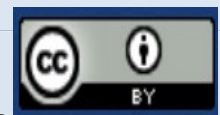




- Lazzeri L, Marini A, Cascone M.G, D'Errico F. Dosimetric and Chemical Characteristics of Fricke Gels based on PVA Matrices Cross-Linked with Glutaraldehyde. *Physics in Medicine and Biology*. 2019.doi:10.1088/1361-6560-6550/ab135c.
- Gallo S, Artuso E, Brambilla M.G, Gambarini G, Lenardi C, Monti A.F, Torresin A, Pignoli E, Veronese I, Analysis of the response of PVA-GTA Fricke-gel dosimeters with clinical magnetic resonance imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. 2017. doi:10.1088/1361-6463/ab08d0.
- Rabaeh KA, Eyadeh M.M, Hailat T.F, Aldweri F.M, Alheet S.M, Eid R.M, Characterization of ferrous-methylthymol blue-polyvinyl alcohol gel dosimeters using nuclear magnetic resonance and optical techniques. *Radiation Physics and Chemistry*. 2018;148:25.
- Appelby A, Leghrouz A. Imaging of radiation dose by visible color development in ferrousagarosexylenol orange gels. *Medical Physics*. 1991;18:309.
- Cavinato C.C, Campos L.L. Study of Fricke gel dosimeter response for different gel quality. *Journal of Physics. Conference Series*. 2010;249:012064.
- Bero M.A, Gilboy W.B, Glover P.M, El-Masri H.M, Tissue-equivalent gel for non-invasive spatial radiation dose Measurements. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. B.*, 2000;166:820.
- Marrale M, Brai M, Gagliardo C, Gallo S, Longo A, Tranchina L, Abbate B, Collura G, Gallias K, Caputo V, Casto A.L, Midiri M, D'Errico F. Correlation between ferrous ammonium sulfate concentration, sensitivity and stability of Fricke gel dosimeters exposed to clinical X-ray beams. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. B.*, 2014;335:54.
- Gohary El MI. Shabban YS. Preparation and characterization of Fricke gel dosimeter. *Nat Sci*. 2015;13:139-43.
- Marini A, Lazzeri L, Cascone M.G, Ciolini R, Tana L, D'Errico F. Fricke gel dosimeters with low-diffusion and high-sensitivity based on a chemically cross-linked PVA matrix. *Radiation Measurements*. 2017.doi:10.1016/j.radmeas.2017.02.012.
- Rabaeh Kh.A, Eyadeh M.M, Hailat T.F, Aldweri F.M, Alheet S.M, Eid R.M. Characterization of ferrous-methylthymol blue-polyvinyl alcohol gel dosimeters using nuclear magnetic resonance and optical techniques. *Radiation Physics and Chemistry*. 2018;148:25.
- Gallo S, Gambarini G, Veronese I, Argenti S, Gargano M, Ianni L, Lenardi C, Ludwig N, Pignoli E, D'Errico F. Does the gelation temperature or the sulfuric acid concentration influence the dosimetric properties of radiochromic PVA-GTA Xylenol Orange Fricke gels? *Radiation Physics and Chemistry*. 2019;160:35.
- Gallo S, Artuso E, Brambilla M.G, Gambarini G, Lenardi C, Monti A.F, Torresin A, Pignoli E, Veronese I. Characterization of radiochromic PVA-GTA Fricke gels for dosimetry in X-rays external radiation therapy. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2019. doi:10.1088/1361-6463/ab08d0.
- Marrale M, Collura G, Gallo S, Nici S, Tranchina L, Abbate B.F, Marineo S, Caracappa S, D'Errico F. Analysis of spatial diffusion of ferric ions in PVA-GTA gel dosimeters through magnetic resonance imaging. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. 2017;396:50.
- Chu K.C, Jordan K.J, Battista J.J, Van Dyk J, Rutt B.K. Polyvinyl alcohol-Fricke hydrogel and cryogel: two new gel dosimetry systems with low Fe<sup>3+</sup> diffusion. *Physics in Medicine and Biology*. 2000;45:955.
- Cao F, Yang L, Chen J, Lin H, Fan J, Rong L, Luo W, Zha Y, Wu G. A study on Fricke-PVA-xylenol orange hydrogel dosimeter for E-beam radiotherapy. *Nuclear Science and Techniques*. 2009;20:152.

**COPYRIGHTS**

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.



استناد به این مقاله

صدیقی، مهسا، عدالتخواه، الهام، طاهرپرور، پیوند. (۱۴۰۳)، ساخت دزیمتر ژل فریک پلی وینیل الکل و بررسی اثر غلظت و شرایط نگهداری بر پاسخ آن.

DOI: <https://doi.org/10.24200/nst.2024.1585>. ۷۱-۶۵، (۲)، ۱۰۸.

Url: [https://jonsat.nstri.ir/article\\_1585.html](https://jonsat.nstri.ir/article_1585.html)

