ارزیابی پاسخ دزیمتر ژل فریک ژلاتین

INC29-1308

فرشید پوررنجبر[۱]، سید محمد مهدی ابطحی،[۱] الهام عدالتخواه*[۲]

۱.گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، ۳۴۱۴۹-۱۶۸۱۸، قزوین ـ ایران
۲.پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۳۹-۱۴۱۵۵، تهران ـ ایران

چکیده:

دزیمترهای ژل فریک از جمله ابزارهایی است که برای اندازه‌گیری دز در کاربردهای پزشکی استفاده می‌شوند. در این دزیمترها، تبدیل یون فروس به یون فریک در اثر پرتودهی منجر به تغییر چگالی نوری متناسب با تغییرات دز می‌شود. در این پژوهش، دزیمترهای ژل فریک ژلاتین با دو درصد متفاوت ژل آماده شدند. پس از پرتودهی دزیمترها در سیستم گاماسل تا دز ۵۰ گری، پاسخ دزیمتر با استفاده از طیف‌سنج نوری تحلیل شد. نتایج نشان دادند که دزیمترهای ژل فریک ژلاتین تهیه شده، در محدوده دز ۱۰-۵۰ گری پاسخ خطی دارند. انحراف معیار جذب اندازه‌گیری شده توسط دزیمترها در محدوده ۰/۰۱۸-۰/۰۶ است. دزیمترهای ژل فریک ژلاتین آماده شده تکرارپذیری خوبی دارند. ارزیابی حساسیت دزیمترهای ژل فریک ژلاتین تهیه شده نشان داد که افزایش غلظت ژل سبب کاهش حساسیت دزیمتر می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: دزیمتر ژل فریک، ژلاتین، طیف جذب، منحنی پاسخ دزیمتر

Assessment of response of Gelatin Fricke gel dosimeters

Farshid Pourranjbar [1], Mohammad Mehdi Abtahi[1], Elham Edalatkhah [2*]

1. Physics Department, Faculty of Science, Imam Khomeini International University, 41335-1914, Qazvin, Iran
2. Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, 14155-1339, Tehran, Iran

Abstract:

A Fricke Gel dosimeter is a good tool for dose measurement in medical applications. In these dosimeters, conversion of ferrous ions to ferric ions due to irradiation cause optical density to be varied proportional to dose fluctuations. In this work, samples of Gelatin Fricke gel dosimeters were prepared with two different percent of gel matrix. After irradiation of the samples by a gammacell up to dose of 50 Gy, dosimeter response was analyzed by a spectrophometer. Results show that the prepared dosimeters have a linear response in 10-50 Gy range. Standard variation of measured absorption of the dosimeters is in range of 0.018-0.06. Standard variation of absorption of the dosimeters increases with dose increment. Also, precision of the dosimeters decreases with gel percent increase. Prepared Gelatin Fricke gel dosimeters has good repeatability. Sensitivity of the prepared dosimeters decreased with gel concentration increase.

Keywords: Fricke gel dosimeters, Gelatin, Absorption spectrum, Response curve

۱. مقدمه

طراحی درمان در رادیوتراپی نیازمند محاسبه پارامترهای دزیمتری است که خود وابسته به انرژی باریکه، ترکیب هدف و هندسه پرتودهی می‌باشند تا بدین ترتیب توزیع دز جذبی در تومور هدف به دست آید. ارزیابی پارامترهای درصد دز عمقی و پروفایل باریکه، امکان بررسی روتین دز دریافتی بیمار و درنتیجه کنترل کیفی فرآیند درمان را فراهم می‌آورد[۱]. بدین منظور، یک سیستم دزیمتری باید انتخاب شود که پاسخ دقیق، خطی و تکرارپذیری داشته باشد. ویژگی‌های دزیمترهای ژل فریک چون پاسخ خطی و معادل بافت بودن، آن‌ها را برای کاربردهای رادیوتراپی مناسب می‌سازد[۲]. تاکنون دزیمترهای ژل فریک بر پایه ماتریس‌های ژل گوناگونی ازجمله ژلاتین معرفی شده‌اند[۳]. در سال ۲۰۰۷ در برزیل از دزیمتر ژل فریک ژلاتین برای تعیین منحنی پروفایل و دز عمقی برای فوتون‌های ۶MeV و ۱۰MeV استفاده شد. نتایج با نتایج دزیمتر فیلم و اتاقک یونش مقایسه شدند[۴]. در تحقیق دیگری در همین سال نشان داده شد که دزیمتر ژل فریک ژلاتین ابزاری مناسب برای اندازه‌گیری دز است[۵]. در سال ۲۰۱۵ نیز در مصر نمونه‌ای از دزیمتر ژل فریک ژلاتین ساخته شد[۶]. در این پژوهش، نمونه‌هایی از دزیمتر ژل فریک ژلاتین با دو درصد ژل متفاوت ساخته شد. پس از پرتودهی نمونه‌ها در گاماسل-۲۲۰، طیف جذبی آن‌ها توسط طیف‌سنج نوری بررسی شد. منحنی پاسخ دزیمترها با درصدهای ژل متفاوت بررسی و پارامترهای برازش منحنی ارزیابی شدند. تکرارپذیری نمونه‌های آماده شده تحلیل شد. درنهایت، حساسیت دزیمترها تخمین زده شد و نتایج با یکدیگر مقایسه شدند.

۲. روش کار

در این پژوهش، دزیمتر ژل فریک ژلاتین بر اساس روش مطرح شده در مرجع ۷ ساخته شد. این دزیمتر شامل محلول سولفات فروس آمونیم و محلول ژلاتین است. مواد و مقادیر موردنیاز برای ساخت این دزیمتر در جدول۱ آورده شده است. نمونه‌ها با دو درصد ژل متفاوت، ۳ و ۵، تهیه گردید. به‌منظور ساخت دزیمتر، ابتدا ۷۵ درصد از حجم آب موردنظر با استفاده از همزن مغناطیسی به دمای ۵۵ درجه سانتی گراد رسانده شد. پس از گذشت ۲ دقیقه، ژلاتین موردنظر اضافه گردید. سپس اجازه داده شد تا با گذشت حدود ۴۰ دقیقه محلول شفافی به دست آید. ۲۵ درصد مابقی حجم محلول را محلول فریک تشکیل می‌دهد که از آب، اسید سولفوریک، سولفات فروس آمونیم و زایلنول اورنج تشکیل شده است. با اضافه کردن محلول فریک به محلول ژلاتین، محلول حاصل به مدت چند دقیقه هم زده شد تا به‌خوبی همگن شود. سپس محلول حاصل در کووت‌هایی از جنس پلی متیل متاکریلات در ابعادmm ۴۵×۱۰×۱۰ و دارای ۱۰ mm طول مسیر نوری ریخته شد. انتهای بالایی کووت‌ها با پارافیلم بسته شد. به‌تدریج با خنک شدن کووت و رسیدن به دمای محیط، محلول به شکل ژل درمی‌آید. بدین ترتیب دزیمترهای ژل فریک ژلاتین آماده شدند. به‌منظور پرتودهی دزیمترها از سیستم گاماسل- ۲۲۰ استفاده شد. سپس جذب نوری نمونه‌ها با استفاده از طیف‌سنج نوری BECKMAN COULTER DU-800 اندازه‌گیری شد.

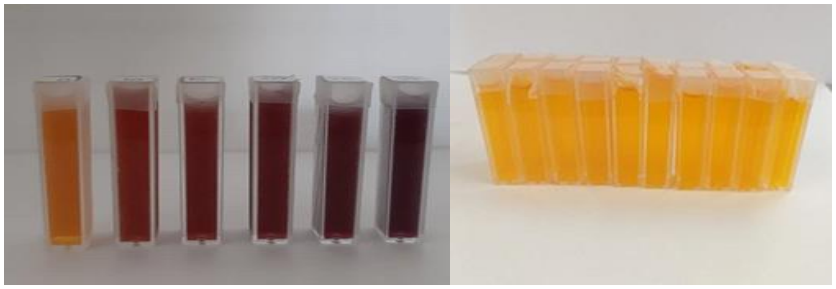
جدول ۱. مواد تشکیل دهنده دزیمتر ژل فریک ژلاتین

آب فوق خالص	زایلنول اورنج	سدیم سولفات آمونیم فروس	اسید سولفوریک	ژلاتین	مواد تشکیل دهنده
باقی محلول	۱۶۵ mM ٪/.	۰/۵ mM ٪	۲۵ mM	۳-۵ ٪	غلظت

۳. نتایج

۳-۱ بررسی طیف جذبی دزیمتر

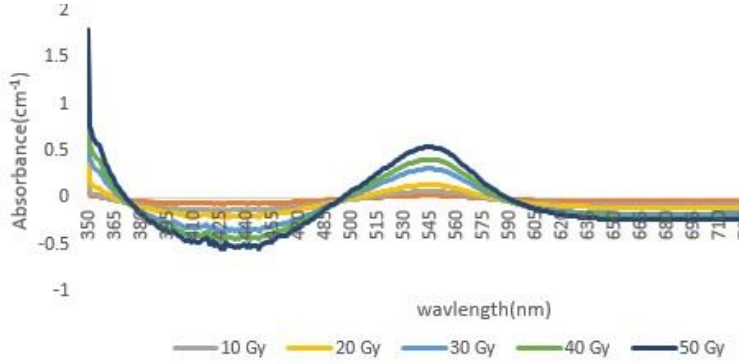
شکل ۱-الف نمونه‌های دزیمتر ژل فریک ژلاتین آماده شده را نشان می‌دهد. نمونه‌ها در دزهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ گری پرتودهی شدند. در شکل۱-ب نیز چندین نمونه دزیمتر پس از پرتودهی آورده شده است.



(ب) (الف)

شکل۱. نمونه‌های دزیمتر ژل فریک ژلاتین تهیه شده (الف) قبل از پرتودهی (ب) بعد از پرتودهی

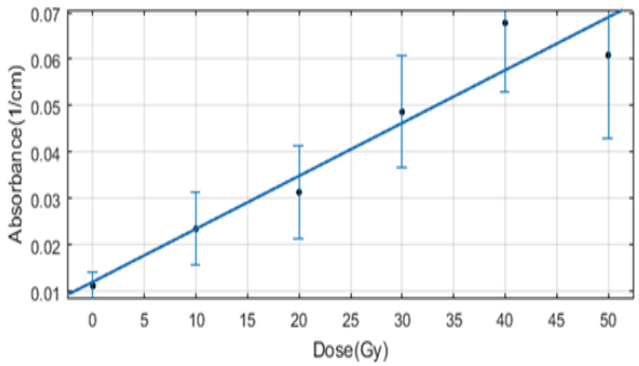
همان‌طور که در شکل ۱-الف مشاهده می‌شود، نمونه‌های آماده شده به دلیل حضور عامل رنگ زایلنول اورنج در ترکیب دزیمتر به رنگ نارنجی هستند. نمونه‌ها پس از پرتودهی (شکل ۱-ب) به دلیل تشکیل کمپلکس رنگی یون فریک و زایلنول تغییر رنگ دادند و با شدتی متناسب با افزایش دز به رنگ بنفش میل کردند. دزیمترها پس از گذشت نیم ساعت از پرتودهی توسط طیف‌سنج تحلیل نوری شدند. شکل ۲ تغییرات جذب نوری نمونه‌ها را که در دزهای مختلف پرتودهی شده‌اند نشان می‌دهد. قله طیف جذب در ۵۵۰ نانومتر مشاهده می‌شود که متناظر با یون‌های فریک است که با اکسایش یون‌های فروس توسط پرتوی فرودی تولید شده‌اند.



شکل۲. طیف جذب دزیمتر

۲-۳ بررسی پاسخ دزیمتر

با رسم جذب در طول موج بیشینه ۵۵۰ نانومتر برحسب دز جذبی، منحنی پاسخ دزیمتر در دسترس است. در شکل ۳ پاسخ دزیمتر با ژل ۳ درصد و در شکل ۴ پاسخ دزیمتر با ژل ۵ درصد آورده شده است. جداول ۲ و ۳ نیز پارامترهای برازش منحنی‌های پاسخ دزیمتر با دو درصد وزنی ژل را نشان می‌دهند.



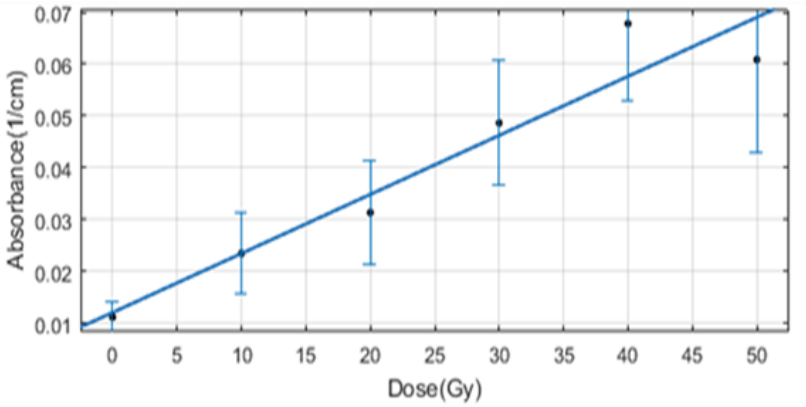
شکل ۳. پاسخ دزیمتر ژل فریک ژلاتین ۳ درصد وزنی

جدول ۲. پارامترهای برازش پاسخ دزیمتر ژل فریک ژلاتین ۳ درصد وزنی

R-square	SSE	RMSE
۰/۹۳۷۸	۰/۰۵۳۳	**./۹۲۲۲**

جدول۳. پارامترهای برازش پاسخ دزیمتر ژل فریک ژلاتین ۵ درصد وزنی

R-square	SSE	RMSE
۰/۹۸۸۵	۰/۰۵۹۱	۰/۱۰۶۷



شکل۴. پاسخ دزیمتر ژل فریک ژلاتین ۵ درصد وزنی

همان‌طور که در شکل‌های ۳و ۴ مشاهده می‌شود، جذب به‌صورت خطی با تغییرات دز افزایش می‌یابد. به‌منظور بررسی تکرارپذیری، سه نمونه دزیمتر در شرایط یکسان به ازای هر دز پرتودهی شدند و سپس جذب نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب انحراف معیار جذب اندازه‌گیری شده در هر دز محاسبه شد که در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. انحراف معیار برای دزیمتر ژل فریک ژلاتین ۳ درصد وزنی در محدوده ۰/۰۱۸۱-۰/۰۵۲۵ و برای دزیمتر ژل فریک ژلاتین ۵ درصد وزنی در محدوده ۰/۰۱۸-۰/۰۶ است. جداول ۳ و ۴ نیز حاکی از خوبی برازش انجام شده به داده‌های اندازه‌گیری شده است. حساسیت دزیمتر ژل فریک ژلاتین تهیه شده که درواقع همان شیب‌خط پاسخ دزیمتر است به ترتیب برابر ۰/۰۰۱۹ و ۰/۰۰۱۷ برای دزیمتر با ژل ۳ و ۵ درصد وزنی است.

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله، ابتدا دزیمترهای ژل فریک ژلاتین با دو درصد وزنی ژل تهیه شدند. نمونه‌ها پس از پرتودهی با ^{60}Co، توسط یک طیف‌سنج نوری خوانش شدند. ارزیابی منحنی پاسخ دزیمتر نشان داد که هر دو نوع دزیمتر آماده شده پاسخ خطی در محدوده دز ۱۰ تا ۵۰ گری دارند. انحراف معیار جذب اندازه‌گیری شده برای دزیمتر ژل فریک ژلاتین ۳ درصد وزنی در محدوده ۰/۰۱۸۱-/۰۵۲۵ و برای دزیمتر ژل فریک ژلاتین ۵ درصد وزنی در محدوده ۰/۰۱۸-۰/۰۶ است. نتایج حاکی از آن است که نمونه‌های ساخته شده از تکرارپذیری بالایی برخوردار هستند. حساسیت دزیمترهای ژل فریک ژلاتین تهیه شده به ترتیب برابر ۰/۰۰۱۹ و ۰/۰۰۱۷/. برای درصد وزنی ۳ و ۵ ژل است که نشان می‌دهد افزایش غلظت ماتریس ژل سبب کاهش حساسیت دزیمتر می‌گردد.

مراجع

1. Davies, J. B.; BALDOCK, C. Sensitivity and stability of the Fricke–gelatin–xylenol orange gel dosimeter. Radiation Physics and Chemistry, 2008, 77.6: 690-696.
2. Back, Sven Å. J., et al. Ferrous sulphate gel dosimetry and MRI for proton beam dose measurements. Physics in Medicine & Biology, 1999, 44.8: 1983.
3. Eyadeh, Molham M., et al. Evaluation of ferrous Methyl thymol blue gelatin gel dosimeters using nuclear magnetic resonance and optical techniques. Radiation Measurements, 2018, 108: 26-33.
4. Olsson, Lars E., et al. Ferrous sulphate gels for determination of absorbed dose distributions using MRI technique: basic studies. Physics in Medicine & Biology, 1989, 34.1: 43.

5. Gallo, Salvatore, et al. Effect of ionizing radiation on the colorimetric properties of PVA-GTA Xylenol Orange Fricke gel dosimeters. Dyes and Pigments, 2021, 187: 109141
6. Olsson, D. R., Hellesnes, J. Absorbed dose distribution measurements in brachytherapy using ferrous sulphate gel and magnetic resonance imaging. The British journal of radiology, 1994, 67.803: 1121-1126.