POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

تأثیر تشعشعات یونیزان بر خواص فیزیکوشیمیایی و عملکردی لاستیک سیلیکونی و کاتتر فولی سیلیکون

چکیده

استفاده از پرتوهای یونیزان، مانند پرتو گاما و پرتو الکترونی، در استریل نمودن محصولات پزشکی در سال‌های اخیر رشد قابل توجهی داشته است که ناشی از نگرانی‌های مربوط به ایمنی استریل‌سازی اکسید اتیلن است. این پژوهش با ارزیابی خواص عملکردی آن قبل و بعد از تابش در دوزهای مختلف جذب شده، اثرات این روش‌های تابش را بر روی لاستیک سیلیکونی و کاربرد آن بر روی دستگاه پزشکی حاوی لاستیک سیلیکونی، به‌ویژه کاتتر فولی سیلیکون، بررسی می‌نماید. تجزیه و تحلیل نمونه‌های تابش شده حضور گروه‌های کربونیل را نشان می‌دهد که بیانگر اکسیداسیون ناشی از تشعشع است. تابش گاما تغییرات اساسی در ساختار پلیمر نشان نمی‌دهد اما در دماهای بالاتر به دلیل مکانیسم‌های اکسیداسیون تخریب را نشان می‌دهد. علاوه‌بر این، کاهش قابل‌توجهی در ازدیاد طول در هنگام شکست مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد لاستیک سیلیکونی با پیوند عرضی از قبل، پیوند متقابل اضافی را تجربه نموده است که بر خواص مکانیکی آن تأثیر می‌گذارد. در مقابل، هر دو تابش منجر به تخریب می‌شوند، همانطور که با کاهش باقی‌مانده TG مشهود است. با این حال، خواص مکانیکی، از جمله استحکام کششی و ازدیاد طول در هنگام شکست، کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرند. این نشان می‌دهد که پیوند متقابل و تکه تکه شدن محدود از ساختار پلیمری رخ داده است. در دوز کمتر، کاهش در استحکام و ازدیاد طول نشان‌دهنده تشکیل ساختارهای شاخه‌دار، محدود نمودن تحرک، ایجاد بی‌نظمی‌ها و تضعیف استحکام کلی پلیمر می‌باشد. با وجود این اثرات، خواص عملکردی کاتتر فولی سیلیکونی در دوزهای جذب پایین به جز تغییر رنگ پورت‌های سرنگ، عملاً تحت تاثیر قرار نمی‌گیرند. به طور کلی، این مطالعه بینش‌هایی را در مورد اثرات پرتوهای یونیزان بر روی لاستیک سیلیکون ارائه می‌دهد و بر تعامل پیچیده بین پیوندهای متقابل، بریدگی زنجیره و مکانیسم‌های اکسیداسیون تاکید می‌نماید. این یافته‌ها به درک تغییرات در ساختار و خواص پلیمر تحت روش‌ها و دوزهای مختلف تشعشع کمک نموده و توسعه تکنیک‌های استریل‌سازی مؤثر برای دستگاه‌های پزشکی حاوی لاستیک سیلیکون را تسهیل می‌نماید.

کلیدواژه‌ها: اشعه گاما، پرتو الکترونی، استریلیزاسیون پرتوی، لاستیک سیلیکونی، کاتتر فولی سیلیکون.

نتیجه‌گیری

داده‌های به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که تشعشعات یونیزان کمترین تغییرات را در ساختار شیمیایی لاستیک سیلیکونی ایجاد می‌نمایند، زیرا تنها حضور گروه‌های حاوی کربونیل پس از تابش آشکار می‌باشد. برای فیلم‌های تابش شده با گاما، هیچ تغییر اساسی برای ساختار پلیمری از کسر ژل و داده‌های نسبت تورم مشاهده نمی‌شود. در همین حال، پروفایل‌های حرارتی در دماهای بالاتر، وقوع تخریب را به دلیل مکانیسم‌های اکسیداسیون نشان می‌دهند. با این حال، کاهش قابل توجه در ازدیاد طول در هنگام شکست، پیوند متقابل اضافی را در شبکه پلیمری نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که SR[1] بکر در حال حاضر دارای شبکه‌ای بسیار متقابل می‌باشد، به همین دلیل است که اثر پیوند متقابل بیشتر تنها در خواص مکانیکی آن مشهود است. تخریب برای لاستیک سیلیکونی تحت عمل‌آوری شده با پرتو الکترونی، بر اساس کاهش باقی‌مانده‌های TG در دوزهای 35-80 kGy، آشکار به نظر می‌رسد. احتمالاً، گرمایش موضعی مرتبط با تابش الکترون و نرخ‌های دوز بالای آن، فرآیندهای اکسیداتیو را تسریع می‌نماید که اغلب منجر به بریدگی زنجیره می‌شود. این رویداد تأثیر کمتری بر خواص مکانیکی دارد که نشان‌دهنده پیوند متقابل و تکه تکه شدن ساختار اصلی پلیمر است. در دوز پایین‌تر (25 kGy)، هر دو استحکام کششی و ازدیاد طول در هنگام شکست به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. در حالی که پیوند متقابل منجر به ساختارهای سخت‌تر اما قوی‌تر می‌شود، کاهش استحکام کششی نشان می‌دهد که پلیمر ممکن است ساختارهای شاخه‌ای را در 25 kGy تشکیل داده باشد که تحرک پلیمر و توانایی آن را برای کشش محدود نماید و باعث ایجاد بی‌نظمی‌هایی شود که ترازی زنجیره را مختل و قدرت کلی آن را تضعیف می‌نماید.

نتایج خصوصیات عملکردی SFC[2]های تابیده شده نشان می‌دهد که دوز تابش گاما 15 kGy و دوز پرتو الکترونی 15-35 kGy روش‌های بالقوه برای استریل‌سازی هستند زیرا در این دوزها، ظرفیت کاتترها برای عملکرد مورد نظرشان به طور قابل توجهی مختل نمی‌شود. علاوه‌بر این، در این دوزهای جذب شده، نرخ جریان دستگاه‌های تابش شده همچنان مطابق ISO 20696:2018 قابل قبول می‌باشد. تنها استدلال این است که پورت‌های سرنگ تغییر رنگ داده‌اند. با این حال، معیار ظاهر بصری در صلاحدید شرکت سازنده دستگاه‌ها و موسسات پزشکی استفاده‌کننده از آن‌ها است. در آینده آزمایش‌های بیشتری مانند آنالیز بار زیستی، آزمایش عقیم‌سازی و تعیین دوز عقیم‌سازی برای اثبات این احتمالات انجام خواهد شد.

Reference

Flores, J. M., Gallardo, A. K. R., Barba, B. J. D., & Tranquilan-Aranilla, C. (2024). Effect of ionizing radiation on the physicochemical and functional properties of silicone rubber and silicone foley catheter. Radiation Physics and Chemistry, 216, 111356.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2023.111356

[1] silicon rubber
[2] silicone foley catheters

ترجمه و ویرایش: جواد برزوئی