

SISTEMA DE SULFATO CERICO PARA LA MEDICION DE ALTAS DOSIS DE ABSORCION

J. Fernández Miranda y E. Castillo Rodríguez

Laboratorio de Técnicas de Irradiación, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria

Recibido: 28 de mayo de 1988

ABSTRACT. The methodology for the use of the ceric sulphate dosimeter system is detailly established in the range 5 to 60 kGy. The preparation and handling conditions for the system are investigated and the influence of environmental factors on this system. The results show that it is an adequate system for calibration and intercomparison in high-dose dosimetry. It is recommended as a secondary standard dosimeter system for meditation with technologicals purpose.

RESUMEN. Se establece en detalle la metodología para el usodel sistema dosimétrico de sulfato cérico en el rango de 5 a 60 kGy. Se estudian las condiciones de preparación y manipulación del sistema y la influencia de factores ambientales sobre este sistema. Los resultados muestran que es un sistema adecuado para calibración e intercomparación en dosimetría de altas dosis. Se recomienda como estándar secundario para mediciones con fines tecnológicos.

INTRODUCCION

Desde la fundación del Laboratorio de Técnicas de Irradiación (LTI) surgió la necesidad de estudiar el sistema de sulfato cérico con el objetivo de determinar las dosis absorbidas en la región de las decenas de kGy (del orden de los Mrad). En este rango de dosis están comprendidos procesamientos por irradiación para diversos campos de aplicación económica, como son los procesos de radioesterilización y de desinfección por radiaciones que resultan de gran importancia para la economía del país.

En 1952 quedó establecido por Hardwick¹ la reducción del ion cérico a ceroso inducida por las radiaciones ionizantes. A partir de esta fecha numerosos investigadores han estudiado esta reacción con el objetivo de utilizarla como base de un sistema dosimétrico.

En un panel celebrado en Viena en 1966, se planteó la posibilidad de utilizar un sistema dosimétrico basado en el sulfato cérico² y en 1981, la AECL de Canadá presentó resultados en una intercomparación de mediciones de altas dosis de absorción obtenidas con este sistema.

En una publicación reciente, Chu³ señala que todas las facilidades de la AECL se calibran con sistemas dosimétricos basados en cerio y recomienda el uso del "campu-dose system" desarrollado comercialmente por la firma para el rango de 0,5 a 5 Mrad (de 5 a 50 kGy). La oferta incluye equipos de medición y un lote de viales con solución dosimétrica, pero no la metodología de preparación y manipulación de dicha solución.

El objetivo del presente trabajo es establecer en detalle la metodología adecuada para la puesta a punto y utilización del sistema dosimétrico de sulfato cérico para mediciones con fines tecnológicos.

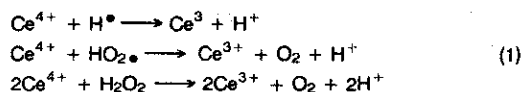
METODO DOSIMETRICO

Rendimiento radiolítico

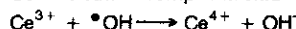
Para el sistema dosimétrico de sulfato cérico el cambio químico de interés es la reducción, inducida por las radiaciones ionizantes, del ion cérico (Ce⁴⁺) a ceroso (Ce³⁺). El rendimiento radiolítico de esta reacción, convencionalmente se designa como valor G y no en unidades que el número de iones que se forman o varían al absorber 100 eV.

$$G(\text{ion}) = \frac{100 \text{ eV}}{E(\text{ion})}$$

El mecanismo radiolítico para el ion cérico Ce⁴⁺, se describe por las reducciones siguientes:



Con las cuales compete la oxidación



Teniendo en cuenta el mecanismo y el rendimiento radiolítico respectivos del cerio y del agua, se expresa el valor G según la fórmula 2.

$$G(\text{Ce}^{3+}) = G(\text{H}^{\bullet}) + G(\text{HO}_2^{\bullet}) + 2G(\text{H}_2\text{O}_2) - G(\text{}^{\bullet}\text{OH}) \quad (2)$$

Con ella se calcula el valor G (Ce³⁺) sustituyendo los valores G de la radiólisis del agua reportados para la radiación gamma del ⁶⁰Co, los cuales se muestran en la Tabla I.

TABLA I

Valores de G (Ce³⁺) descritos para irradiación con ⁶⁰Co

| G (Ce ³⁺), iones/100 eV | referencia |
|-------------------------------------|------------|
| 2,50 ± 0,04 | 7 |
| 2,50* | 8 |
| 2,50 ± 0,06 | 20 |
| 2,52* | 21 |
| 2,65 ± 0,04 | 10 |
| 2,55 ± 0,02 | 24 |

*s/error

Preparación de la solución dosimétrica

La concentración de la solución dosimétrica de sulfato cérico determina el rango de medición.

Inicialmente, se prepara una solución madre de 100 mmol/L y a partir de ella se obtienen por dilución diversas soluciones de irradiación con las que se mide la dosis absorbida en determinado intervalo.

El cambio de concentración del ion cérico inducido por la radiación ionizante es medido por espectrofotometría siendo proporcional a la dosis.

Valoración de la solución de sulfato cérico

La solución de sulfato cérico no es estándar químico por lo que debe ser valorada.

Como agente valorante se utilizaron 100 (mg/L) de hierro espectroscópicamente puro preparado según la técnica de Vogel⁴.

Se empleó el autotitrador Radiometer RTS.822 de fabricación danesa. Los resultados se muestran en la Tabla II.

TABLA II

Valoración de soluciones madre de sulfato cérico

| Soluciones de Ce ⁴⁺ | Concentración obtenida (mmol/L) |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 95 ± 2 |
| 2 | 91 ± 3 |
| 3 | 94 ± 2 |
| 4 | 95 ± 2 |

Los resultados se dan para un 95 % de confiabilidad

Determinación del coeficiente de extinción molar

Con la determinación del coeficiente de extinción molar se realizó la determinación del rango de validez experimental de la Ley de Lambert-Beer.

Se halló el valor de la pendiente luego del análisis de regresión lineal experimental⁵ efectuado a los valores de absorbancia medidos a 320 nm empleando disoluciones de sulfato cérico cuyos valores de concentración se enmarcaron en el intervalo de 0,01 a 0,250 mmol/L.

Se determinó el valor del coeficiente de extinción molar en tres espectrofotómetros diferentes, los cuales se muestran en la Tabla III comparándose con los descritos en la literatura.

TABLA III

Coficiente de extinción molar para el Ce⁴⁺

| A. Resultados del presente trabajo | | |
|------------------------------------|--|---------------------------|
| Espectrofotómetro utilizado | ϵ (Ce ⁴⁺) a 320 nm (L/mol · cm) | Coficiente de correlación |
| PYE UNICAM SP 1700 | 5 636 ± 19 | 0,999 988 |
| PYE UNICAM PU 8600 | 5 650 ± 36 | 0,999 389 |
| PYE UNICAM SP6-550 | 5 723 ± 20 | 0,999 479 |

Los resultados se dan para un 95 % de confiabilidad

| B. Valores reportados en la literatura | | |
|--|-------------------------|------------|
| ϵ (Ce ⁴⁺) a 320 nm (mol/L · cm) | Observaciones | Referencia |
| 5 610* | no indica instrumento | 7 |
| 5 610* | no indica instrumento | 8 |
| 5 580* | no indica instrumento | 5 |
| 5 600 ± 70 | espectrofotómetro cO-4A | 20 |
| 5 600* | no indica instrumento | 27 |

*s/error

Existen determinados factores que dan lugar a dispersiones significativas de los valores en el proceso de medición, ellos son:

La elevada sensibilidad de la solución de irradiación a las impurezas, en especial las orgánicas; la temperatura de irradiación; la fotosensibilidad de la solución y las condiciones de almacenamiento y conservación.

Estos factores se deben tener en consideración al realizar mediciones dosimétricas con sulfato cérico.

En el presente trabajo se prepararon las disoluciones empleando reactivos de calidad "puro para análisis" y agua destilada.

La conductividad y el pH del agua obtenida en el laboratorio fueron medidos periódicamente, manteniéndose los valores dentro del rango pre-establecido.

En el rango de temperatura (25 a 50 °C) no se apreciaron variaciones en las mediciones de dosis, lo que indica que dentro del margen del error experimental, el valor G (Ce³⁺) es constante para irradiaciones en ese intervalo. Sin embargo, otros autores^{6,7} señalan que G (Ce³⁺) es independiente de la temperatura en el intervalo de 0 a 35 °C y que para temperaturas hasta 60 °C presenta entre un 9 y un 12 % de decremento.

Las soluciones de sulfato cérico son sensibles a la luz visible y ultravioleta. Si bien este efecto es señalado por varios autores,⁸⁻¹¹ en este trabajo resultó despreciable para altas concentraciones iniciales. En el caso de las soluciones espectrofotométricas sometidas a una hora de exposición a luz de laboratorio las pérdidas de iones céricos no fueron superiores a un 5 % medidas con error experimental no superior al 1 %.

Las soluciones madre y de irradiación deben conservarse en frascos ámbar y nunca exponerse a la luz solar.

Calibración del sistema dosimétrico

La calibración del sistema dosimétrico de sulfato cérico fue realizada en el irradiador MRX-Gamma-25M y en el Gamma Cell 500-001.

La distribución dosimétrica seleccionada para cada irradiador no introdujo variaciones en las mediciones superiores a un 1 %.

Considerando la buena reproducibilidad obtenida en mediciones anteriores, se realizaron las mediciones de la absorbancia en el espectrofotómetro SP-1700, para lo cual, tanto la solución irradiada como la no irradiada se diluyeron, tomándose como blanco esta última.

RESULTADOS Y DISCUSION

El sistema dosimétrico de sulfato cérico desarrollado, presenta buena respuesta lineal en el rango de 5 a 60 kGy como indican los coeficientes de correlación del orden de 0,999 y se muestra en la figura 1, independientemente de la concentración inicial. Presenta un 2 % de reproducibilidad y una exactitud de un 1 % respecto al patrón de referencia de sulfato cérico.

Durante la puesta a punto del sistema se establecieron las condiciones de preparación y manipulación de las soluciones dosimétricas y se estudió la influencia sobre el sistema de las condiciones ambientales (luz, temperatura, presencia de impurezas, etc.).

En la Tabla IV se puede observar que los valores obtenidos de potencia de dosis concuerdan satisfactoriamente con los valores de referencia. Como tales fueron consideradas las potencias de dosis determinadas en cada irradiador con el sistema dosimétrico de sulfato cérico (Fricke), el cual es reconocido como un estándar secundario¹¹ y como patrón de referencia por el OIEA.¹¹⁻¹³

TABLA IV

Calibración del sistema dosimétrico potencia de dosis obtenida

| Tipo de irradiador | Rango de dosis kGy | Potencia de dosis | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| | | Valores referencia | Valores obtenidos Gy/min |
| MRX-Gamma 25 M | 5 a 30 | 15,88 ± 0,99 | 15,54 ± 0,76 |
| Gamma Cell-500-001 | 5 a 30 | 41,71 ± 0,63 | 41,87 ± 0,64 |
| | 30 a 60 | 41,71 ± 0,063 | 41,78 ± 0,68 |

Los resultados se dan para un 95 % de confiabilidad

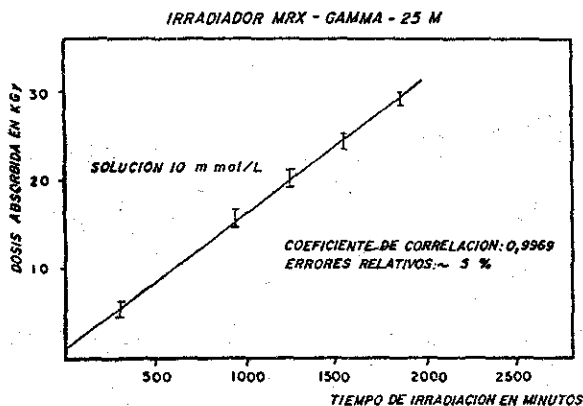
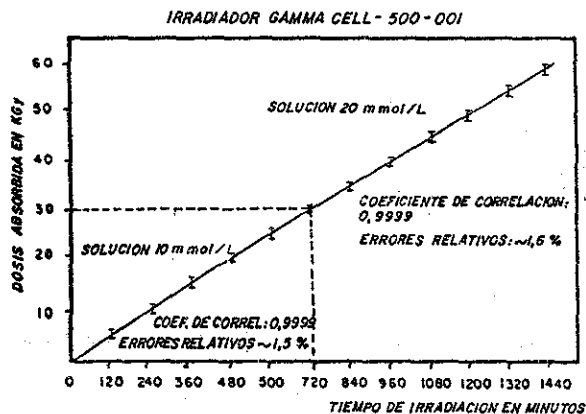


Fig. 1. Calibración del sistema dosimétrico. Resultados para un 95 % de confiabilidad

Se obtuvo un valor de $G = 2,36$ iones el cual concuerda con los resultados de otros autores, como se aprecia en la Tabla I.

Para el cálculo de la dosis de absorción se requirió determinar previamente la densidad de cada uno de las soluciones seleccionadas.

Los valores obtenidos a una temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y para una confiabilidad del 95 % con 10 réplicas son los siguientes:

$$(10\text{ mmol/L}) = (1,007 \pm 0,002)\text{ g/cm}^3$$

$$(20\text{ mmol/L}) = (1,016 \pm 0,002)\text{ g/cm}^3$$

Estos resultados muestran que el sistema dosimétrico de sulfato cérico tiene una densidad equivalente a la del agua, que lo hace adecuado para trabajar con materiales de uso biomédico y biológico.

CONCLUSIONES

Se establece un procedimiento dosimétrico con sulfato cérico que posibilita realizar mediciones de dosis de absorción en radioesterilización y desinfección, procesos de gran importancia para la economía del país.

El sistema es utilizable para la calibración e intercomparación de facilidades de irradiación. Se recomienda su uso como estándar secundario en dosimetría de altas dosis.

RECONOCIMIENTOS

Los autores desean testimoniar su agradecimiento al C.Dr. Miguel Isaac, especialista de la SEAN, por las facilidades brindadas

para la ejecución de las técnicas de Química Analítica utilizadas en el presente trabajo y por las fructíferas conversaciones sostenidas al efecto. Igualmente desean agradecer a todos los que de una u otra forma hicieron posible el presente trabajo y en particular a los técnicos del Laboratorio de Técnicas de Irradiación.

BIBLIOGRAFIA

1. Hardwick T. *Canad. J. Chem.*, **30**, 23, 1952.
2. Radiosterilization of medical products, pharmaceuticals and bioproducts. Report of a Panel Viena.
3. Chu R.D. Third gamma seminar AECL, 1983. Tech. rep. GPS 322 AECL, 1983.
4. Willard-Farman-Bricker Análisis químico cuantitativo. Teoría y práctica, Ed. Rev., La Habana, 1966.
5. Spiridonov V.P. y Lopatkin A.A. Tratamiento matemático de datos físico-químicos, MiR, Moscú, 1973.
6. Taimuty S.J. *Nucleonics*, **17**, 103, 1959.
7. Chu R.D. and Antoniades M.T. Proc. Symp. Bombay, 1974, IAEA, 83, 1975.
8. Nicksic S.W. and Wright J.R. *Nucleonics*, **13**, 104, 1955.
9. Sokolova I.K. *Jimicheskie metodi dosimetry b radiobiologii, Moskva atomizdat*, 1972.
10. Radak B.B. Tech. rep. 205, IAEA, 101, 1981.
11. Willis D.A. Proc. Symp. Bombay, 1974, IAEA, 101, 1975.
12. McLaughlin W.L. Proc. Symp. Viena, 1984, IAEA, 357, 1985.
13. High-dose measurements in industrial radiation processing, Tech. Rep. 205, IAEA, 1981.

NUEVAS PUBLICACIONES

ODDITIES OF ENGLISH

Jesús Núñez Romay

Es el resultado de más de tres lustros de trabajo docente en la Enseñanza Superior y está dirigido a especialistas del idioma inglés o estudiantes no filólogos que hayan buscado en más de una ocasión una explicación a ciertas irregularidades y peculiaridades de la lengua inglesa, sin encontrar en texto alguno, solución a sus interrogantes. Se incluyen los aspectos siguientes: special difficulties and common errors in English, acronyms, false cognates, prepositions, syntax, idioms, hints on pronunciation, compounds, nominal verbs, shortenings, differences between American English and British English y otros.

140 p.



Editorial CNIC
Avenida 25 y calle 158, Cubanacán, Playa
Ciudad de La Habana, Cuba