

## **DOSIMETRÍA DE ALTAS DOSIS Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL PROCESO DE IRRADIACIÓN EN EL CEADEN**

Enrique Francisco Prieto Miranda\*, Gisela Barrera González\*, Marina Lima Ferreira\*\*

\*Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN)  
Calle 30, esq. 5<sup>a</sup> Avenida, # 502, AP. 6122, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba.

\*\*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-IPEN  
Travessa R No. 400-CEP 05508-900, CP 11049-CEP 05422-Pinheiros-Sao Paulo, Brasil.

### **RESUMEN**

En el trabajo se presenta una descripción de la instalación de irradiación del Laboratorio de Dosimetría de Altas Dosis y Química de las Radiaciones del Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN), así como de las técnicas dosimétricas empleadas, los temas de investigación y los diferentes servicios que se ofrecen. Además los resultados de los ejercicios de intercomparación de dosis y el sistema de calidad son mostrados.

Keywords: irradiator, quality system, dosimetric systems, dose intercomparison.

### **I. INTRODUCCIÓN**

El Laboratorio de Dosimetría de Altas Dosis y Química de las Radiaciones del Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear (CEADEN) dispone de un irradiador de laboratorio autoblandado con fuentes de cobalto 60, tipo PX-ã-30, destinado para su empleo en estudios investigativos tanto básicos como aplicados acerca de la acción de las radiaciones gamma en diferentes ramas de la ciencia tales como la Radiobiología, la Química de las Radiaciones, la Física del Estado Sólido, la Medicina, la Agricultura y la Industria médico-farmacéutica. En el trabajo se presentan las características técnicas de la instalación de irradiación, los sistemas dosimétricos empleados, los servicios realizados en esta, así como los resultados de los ejercicios de intercomparación realizados y el Sistema de Calidad establecido en el Servicio de Irradiación.

### **II. INSTALACIÓN DE IRRADIACIÓN**

La instalación de irradiación lo constituye un irradiador autoblandado para la irradiación gamma denominado Irradiador (PX-ã-30) la cual fue puesta en marcha en junio de 1994 con una actividad inicial de 10,5 kCi. En la misma es posible irradiar muestras sólidas, líquidas y gaseosas, estas últimas tanto en condiciones de flujo estático. La temperatura de trabajo de la cámara de irradiación se puede variar en el rango de -40 a 560 °C y la presión hasta 5 atm. Todas estas posibilidades pueden ser logradas debido al diseño de la instalación del equipamiento complementario. El volumen de la cámara de irradiación es de 4,4 litros. Por otra parte el diseño de la instalación garantiza una protección segura contra las radiaciones gamma y por esta razón puede ser ubicado dentro del local de un laboratorio el cual cumple con las exigencias constructivas para el montaje del equipo [1]. En la Fig. 1 se muestra una vista del Irradiador (PX-ã-30).



Figura 1. Irradiador (PX-ã-30)

El funcionamiento de la instalación esta destinado a dos objetivos ,a la realización de investigaciones relacionadas con la:

- Radiobiología (estudio de las características radiobiológicas de diferentes microorganismos , efecto de las radiaciones sobre tejidos y hueso para injertos , establecimiento de la dosis de esterilización).
- Radiomutagénesis (para la obtención de mejores variedades de cultivos, así como mayor resistencia a diferentes plagas.)
- Conservación de alimentos (aumentar el tiempo de vida y mejorar la calidad higiénica de los alimentos).
- Química de las radiaciones (modificación de las propiedades de monómeros y polímeros).
- Dosimetría de altas dosis (estudio, desarrollo y establecimiento de diferentes sistemas dosimétricos).

Y el otro objetivo es ofrecer servicios de irradiación principalmente de sangre y complejo plaquetario para trasplantes y la esterilización de material médico-farmacéutico, materia prima, hierbas medicinales, placas petrit y rodac, prótesis de cadera, cánulas, filtros milipor, etc. Siendo el valor de dosis absorbida más solicitado por los clientes superior a los 10 kGy hasta un valor máximo de 25 kGy.

### III. SISTEMAS DOSIMÉTRICOS EMPLEADOS EN LA INSTALACIÓN DE IRRADIACIÓN

Las técnicas dosimétricas empleadas tanto en la calibración y control del proceso de irradiación son realizadas sobre normas ramales nacionales y de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM). Los sistemas dosimétricos en nuestro laboratorio son los dosímetros Fricke, el sulfato

cérico-ceroso , Perspex (Red, Clear y Amber) e indicadores de dosis.

**Sistema Dosimétrico Fricke.** El dosímetro Fricke es un sistema dosimétrico estándar de referencia, el cual nosotros hemos empleados para la calibración de otros sistemas dosimétricos, para el control del proceso de irradiación y la puesta en marcha de diferentes irradiadores en nuestro país.

La influencia de diferentes factores sobre el valor del coeficiente de extinción molar ( $\epsilon$ ), así como el efecto de la longitud de onda de medición, la concentración de oxígeno en la solución dosimétrica y el equipo de medición se estudió para obtener una buena precisión y exactitud en el valor de la dosis absorbida con este dosímetro [2,3].

Se demostró que la temperatura de medición y la cantidad de peróxido de hidrógeno en la solución influyen significativamente en el valor de  $\epsilon$ . No es necesario realizar mediciones a 224 nm cuando un espectrofotómetro de alta precisión y un control de temperatura son empleados, ni saturar la solución con oxígeno en el rango de trabajo del dosímetro Fricke[4], lo cual sería solo necesario cuando se quiere aumentar el rango de dosis de dicho dosímetro.

Los valores de dosis absorbidas obtenidos en diferentes espectrofotómetros demostraron que no hubo diferencia significativa en el rango de dosis estudiado cuando el valor del  $\epsilon$  es determinado en el mismo equipo en el cual se realizó la medición de la dosis.

**Sistema Dosimétrico Sulfato Cérico-Ceroso.** Este sistema dosimétrico ha sido estudiado para conocer la influencia de la concentración de cérico, el coeficiente de extinción molar, el factor de dilución de la muestra y la estabilidad de la solución dosimétrica antes y después de la irradiación (diluido y no diluido) [5] y ha sido empleado en el control del proceso de irradiación en el rango de dosis de 0.6-5 y 5-40 kGy, para concentraciones de 1.5 y 10 mM respectivamente.

Los resultados obtenidos demostraron que para valores de alta concentración de iones céricos el sistema es más estable, se obtuvo un error relativo del coeficiente de extinción molar del 0.6 % con relación al reportado en la literatura y factores de dilución de 12.5 y 100 para concentraciones de 1,5 y 10mM.

Con relación a la estabilidad antes de la irradiación se obtuvo que la solución madre de cérico es estable hasta seis meses y la de 10mM hasta cuatro meses, por otra parte la solución madre de cérico-ceroso es estable hasta un año y sus diluciones de 1,5 y 10mM preparados inmediatamente mostraron una estabilidad de ocho meses. Sin embargo después de la irradiación la solución es más estable cuando la muestra se diluye en el instante de la medición con relación a la muestra que es diluida inmediatamente

después de la irradiación y medida transcurrido un intervalo de tiempo.

**Dosímetros Perspex [Red 4034 ( Batch AE y EN), Clear HX (Batch No. 7) y Amber 3042 (Batch L)].** Estos dosímetros son empleados fundamentalmente en nuestro laboratorio en el control de rutina del proceso de radioesterilización donde se ha estudiado la influencia de la temperatura de irradiación y almacenamiento, tiempo post-irradiación y la tasa de dosis en el valor de la absorción específica inducida en función de la dosis absorbida con el objetivo de obtener valores de dosis exactos durante el control del proceso de irradiación [6,7,8].

**Dosímetro indicador.** Además son empleados en el proceso de radioesterilización dosímetros indicadores de dosis (gono-go) marca Megarai de producción húngara, los cuales nos evitan la posible duda de si un producto fue irradiado o no, lo que brinda una seguridad en el proceso de irradiación.

#### IV. PROCESO DE CALIBRACIÓN

El proceso de calibración de todos los sistemas dosimétricos empleados en nuestro laboratorio se efectúan en un punto de calibración del campo de irradiación estudiado del irradiador autoblandado PX-ã-30. Los dosímetros son colocados en un recipiente de polietileno para mantener la condición de equilibrio electrónico y la temperatura es controlada con un termopar.

#### V. INTERCOMPARACIÓN DE DOSIS

El sistema dosimétrico empleado a tales efectos es el dosímetro sulfato cérico-ceroso. En el año 1996 se realizó un ejercicio de intercomparación para tres valores de dosis diferentes en el rango de 10-50 kGy con el Laboratorio de Dosimetría para el Proceso de Radiación del Centro Atómico Ezeiza de Argentina. Ellos emplearon el dosímetro de plata/dicromato de potasio, donde se obtuvo un error relativo mínimo entre los dos sistemas de 4,4% y máximo de 5,8%. Posteriormente se realizaron tres intercomparaciones con el Servicio Internacional de Verificación de Dosis (IDAS) del IAEA, empleando el dosímetro de alanina, durante los años 1999, 2000 y 2001, siendo la razón entre las dosis absorbida suministrada por nosotros y la dosis medida por el IAEA en el primer año de 1.02 (para 25 kGy), en el segundo de 1.02 (para 4 kGy), 0.99 (para 10 kGy) y 1.02 (para 25 kGy) y en el último año de 0.96 (para 2 kGy). Estos resultados indican que

nuestro sistema de sulfato cérico-ceroso es adecuado y preciso para la medición de dosis medias y altas.

#### VI. SISTEMA DE CALIDAD

El Servicio de Irradiación dispone de un Sistema de Calidad en correspondencia con los requerimientos de la Norma Nacional COPANT-ISO 9002:1995. El cual esta compuesto por un Manual de Calidad, ocho procedimientos, cuatro instrucciones y dieciocho registros. El servicio es auditado regularmente por autoridades internacionales y se está trabajando para su certificación por la Oficina Nacional de Normalización en un futuro inmediato.

#### VII. CONCLUSIONES

La instalación de irradiación (PX-ã-30) es un irradiador adecuado para realizar investigaciones relacionadas con la biología, la medicina, la agricultura y la química de las radiaciones dada las características técnicas que presenta y además permite brindar servicios de irradiación a pequeña escala.

Por otra parte hemos estudiado los factores que afectan la respuesta de estos sistemas dosimétricos en nuestras condiciones propias de trabajo, lo que nos hace ganar cada vez más en la exactitud del valor de la dosis absorbida medida, la cual es empleada como el parámetro de control de la calidad del proceso de irradiación.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Descripción Técnica e Instrucciones para la operación de la Instalación autoblandada para irradiación gamma, "Investigador" (PX-ã-30). (1996).
- [2] Prieto, E. F., Cañet, F., López, R., **Algunos valores que influyen en la determinación del coeficiente de extinción molar en el dosímetro Fricke.** Tecnología Química, Año X, No. 3, (1989), 9-15.
- [3] Prieto, E. F., Cañet, F., **Aspectos a considerar en el dosímetro Fricke.** Tecnología Química, Año XI, No.2 (1990), 19-28.
- [4] Prieto, E. F., **Development and current state of dosimetry in Cuba.** Proceedings of Symposium Techniques for high dose dosimetry in Industry, Agriculture and Medicine. IAEA-TECDOC-1070. IAEA. Vienna. (1999), 319.

[5] Prieto, E. F., **El sistema dosimétrico sulfato cérico (cérico-ceroso). Desarrollo y aplicación en Cuba.** Proceedings 4<sup>th</sup> Meeting on Nuclear Application, MG, Brasil. (1997), 24.

[6] Prieto, E. F., Chávez, A., **Influencia de diferentes factores en la calibración de los dosímetros Perspex (Red y Clear).** Revista Nucleus, No. 15, (1993),16.

[7] Prieto, E. F., Chávez, A., Cuesta, G., **Influence of irradiation and storage temperatures and post-irradiation time in the Amber Perspex dosimeters.** Proceedings 2<sup>nd</sup> International Symposium on Nuclear and Related Techniques in Agriculture, Industry, Health and Environment. Cuba. (1999).

[8] Prieto, E. F., Barrera, G., **Dose rate influence in the response of the Amber 3042 Perspex dosimeter, Batch L.** Proceedings 3<sup>er</sup> International Symposium on Nuclear and Related Techniques in Agriculture, Industry, Health and Environment. Cuba. (2001).

#### **ABSTRACT.**

In the Center of Technological Applications and Nuclear Development (CEADEN) meet the High Dose Dosimetry and Radiation Chemistry Laboratory, it which provides one self-shielding laboratory irradiator with cobalt-60 sources, kind PX-ã-30, it is destined in order to carry out basic and applied researches in several branches of the science like the Radiobiology, the Radiation Chemistry, the Solid State Physics, the Medicine, the Agriculture and the medical-pharmaceutical Industry. In the present paper is shown a description of the radiation facility, the research themes, the different services that offer, as well as the results obtained of the studies carried out in the dosimetric techniques employed as the Fricke, ceric-cerous sulphate, Perspex dosemeters and dose indicators. Also the results of the intercomparison dose exercises and the Quality System are shown.