

## **Efecto de la radiación gama sobre las propiedades químicas, reológicas, panaderas y microbiológicas en harina de trigo**

Z. Agundéz-Arvizu,\* M. V. Fernández-Ramírez,\* M. E. Arce-Corrales, E. Cruz-Zaragoza,\*\*V. Chernov, \*\*\* M. Barboza-Flores\*\*\*

*\*Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora*

*\*\*Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM*

*\*\*\*Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora*

La radiación gama ha sido utilizada en varias partes del mundo como un método de esterilización, preservación y pasteurización de productos alimenticios, efecto que se logra debido a la disminución o eliminación de los microorganismos, cobrando cada vez más aceptación. Además, elimina el uso de sustancias tóxicas y carcinogénicas de uso general, pero actualmente en vía de ser totalmente prohibidas, debido al alto riesgo en la salud humana. En el presente trabajo se presentan los resultados relacionados con los efectos de la radiación gama, proveniente de una fuente de  $^{60}\text{Co}$ , en harina de trigo comercial expuesta a una dosis de 1.0 kGy. La dosis utilizada es la permitida de acuerdo a la NOM-033-SSA1-1993. Se determinó que las características químicas de humedad, proteína y cenizas no fueron afectadas por la radiación. Las propiedades reológicas tampoco sufrieron efectos severos como consecuencia de la radiación; los parámetros farinográficos y alveográficos fueron ligeramente afectados por el tratamiento. No se detectaron cambios significativos en el porcentaje de absorción de agua y en el índice de tolerancia al mezclado. Sin embargo, se observó una disminución de 10% en el tiempo de desarrollo y un incremento del 13% en la estabilidad, para las muestras irradiadas respecto de las muestras no irradiadas. En relación a los parámetros alveógrafos únicamente se detectó una disminución del 7% en el parámetro de fuerza (W) sin cambios en la relación tenacidad/índice de hinchamiento (P/L). El número de caída disminuyó 11% indicando una pequeña disminución en la viscosidad. Las propiedades panaderas no resultaron modificadas por el tratamiento de irradiación, encontrándose un peso específico de 4.6 y 4.5 ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) para muestras testigo e irradiadas, respectivamente. En el análisis de mesófilos se encontró una disminución de 96% de la carga original en muestras testigos; observándose una disminución de 74 y 25% en levaduras y hongos, respectivamente. Microbiológicamente se determinó ausencia de bacterias coliformes totales y coliformes fecales en las muestras testigo y por supuesto en las tratadas con radiación gama. En general los resultados muestran que el uso de la radiación gama en la dosis recomendada no afecta significativamente las propiedades funcionales de la harina de trigo, siendo además ventajosa debido a la disminución de la carga bacteriana inducida por la radiación gama. Agradecimientos. Proyecto patrocinado por la UNAM, DGICSA-SEP y CONACYT.

## INTRODUCCIÓN

La implementación en México, de un programa sistemático y de gran escala en materia de irradiación de alimentos, ayudaría a resolver un problema de salud pública y social al disminuir el número de enfermedades relacionadas con alimentos contaminados. La irradiación gama permite esterilizar, pasteurizar y conservar los alimentos expuestos previamente a dosis adecuadas de manera segura para el consumidor. En la actualidad la disponibilidad de alimentos es un problema a escala mundial, situación que se agrava además las pérdidas estimadas en alrededor de 25%, de toda la producción mundial de alimentos en post-cosecha debido a insectos, bacterias y roedores (ININ, 2000). Por otro lado se estima que las pérdidas anuales debido a almacenamiento para granos y cereales son del 10% (Urbina, 1998). Los estudios realizados en países en vías de desarrollo indican que las pérdidas post-cosecha anuales son enormes las cuales se valoran en billones de dólares (Satin y Loaharanum (1997). La irradiación de alimentos, lograría disminuir el porcentaje de pérdidas anuales lo que llevaría a un abaratamiento de los alimentos, así como también a una disminución de las enfermedades relacionadas con el consumo de alimentos contaminados y disminuyendo en consecuencia la utilización de medicamentos. Las técnicas de irradiación a escala mundial ayudarían disminuir significativamente los niveles de utilización de sustancias químicas fumigantes, como el dibromuro de etileno y óxido de etileno, las cuales son altamente dañinas para el consumidor y el medio ambiente. Un aspecto muy importante a considerar es el económico, ya que los recientes avances en el diseño y construcción de irradiadores de alimentos han bajado significativamente los costos de esta tecnología; hoy en día se encuentran en el mercado irradiadores, portátiles, seguros y económicos, que permiten irradiar a un costo de 2 centavos de dólar por libra de producto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó harina de trigo panadero de la empresa Nabisco, S.A. de C.V. de México D.F., de nombre comercial tres estrellas empacadas en muestras de 1 kg, las cuales se irradiaron a dosis de 1.0 kGy de acuerdo a las indicaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SSA1-1993. La irradiación se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias Nucleares de la Universidad Nacional Autónoma de México (ICNUNAM), utilizando un irradiador modelo Gammabeam 651 PT, el cual tiene la capacidad de irradiar con rayos gama a una tasa de dosis de 2.24 kGy/h.

En el muestreo de la harina de trigo se tomaron 50 paquetes de 1 kg, los cuales se dividieron en dos partes iguales; la primera parte se tomó como testigo y la segunda se irradió con la dosis antes mencionada. Cada una de éstas partes se dividieron en tres lotes iguales, a los que se les realizó los análisis químicos, reológicos, panaderos y microbiológicos por triplicado.

### **Análisis Químicos**

La harina de trigo se analizó químicamente utilizando los métodos recomendados por la AACC (1991). Se determinó humedad por pérdida de peso (método 44-19), contenido de proteínas con microkjendhald (método 44-13) y contenido de cenizas por incineración de materia orgánica (08-03).

### **Análisis Reológicos**

Se realizó alveograma utilizando un alveógrafo marca Chopin, siguiendo el método 54-30 de la AACC (1991) para obtener los parámetros de tenacidad, extensibilidad y trabajo de deformación de la masa. Para la obtención de los Farinogramas, se empleó un farinógrafo de marca Brabender siguiendo el método 54-21 de la AACC (1991), obteniendo como información importante absorción de agua, tiempo de desarrollo, índice de tolerancia al mezclado y estabilidad. Para la determinación del número de caída (falling number), se analizó la actividad de la enzima alfa-amilasa, utilizando el almidón de la harina de trigo como sustrato con el método oficial 56-81B de la AACC (1991).

### **Prueba de panificación**

La elaboración del pan, se llevó a cabo con el método 10-10b de la AACC (1991), utilizando 300g de harina, 3g de sal y 3.6g de levadura; el tiempo de mezclado y el contenido de agua adicionado se obtuvieron del farinógrafo; determinando con esto el volumen y peso del pan.

### **Análisis microbiológicos**

Los análisis microbiológicos realizados determinaron hongos y levaduras, cuenta total (mesófilos aeróbicos), coliformes totales y coliformes fecales, utilizando los métodos recomendados para harina de trigo según ICMSF (1982). En el análisis de hongos y levaduras se utilizó el método de recuento de levaduras y mohos por siembra en placa en todo el medio, usando agar papa dextrosa. Para el recuento en placa de microorganismos aeróbicos se utilizó el método de cuenta total, también conocido como recuento estándar en placa, por siembra en todo el medio y el método norteamericano para la detección de coliformes totales y coliformes fecales.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Pruebas químicas**

El efecto en las propiedades químicas de harina de trigo, de una dosis de 1.0 kGy de radiación gama, se muestra en la Tabla 1. Se observa que no existen diferencias significativas por el caso de la humedad de harina testigo comparada con la harina irradiada. Los valores de humedad para harina testigo fueron de 12.58 y para harina irradiada de 12.60; dichos valores se encuentran por debajo del valor máximo de 15% permitido por la NOM-147-SSA1-1996. Así, los resultados indican que la irradiación ionizante en dosis de 1.0 kGy no afectaron el contenido de humedad, lo cual está de acuerdo con los resultados obtenidos por Marathe y colaboradores (2002), quienes irradiaron harina de trigo utilizando dosis de 0.25 kGy – 1.0 kGy, excepto que ellos reportan un ligero aumento en la humedad de la harina irradiada

En proteínas, los valores fueron de 11.2 y 11.08 para harina irradiada y no irradiada respectivamente, indicando que la dosis de 1.0 kGy no afectó el contenido de proteínas en la harina. Estudios realizados por Marathe y colaboradores (2002), tampoco encontraron diferencias en el contenido proteico para muestras irradiadas con dosis de 1.0 kGy y almacenadas durante seis meses. Es importante recalcar que Morad y colaboradores (1978)

encontraron cambios en el contenido proteico únicamente para dosis altas de orden de 10 kGy, el cual es un valor muy alto comparado con lo establecido por las normas oficiales.

Los valores obtenidos de contenido de cenizas para la harina testigo y la harina irradiada fueron de 0.55 para ambas; valor que se encuentra dentro del rango recomendado, según Carbajal y Castilla (1977), el cual es de 0.5 – 0.6% para harinas destinadas a panificación. Al observar los porcentajes de cenizas obtenidos en el análisis podemos garantizar que la irradiación no afectó el contenido de materia inorgánica (mineral), o al menos de forma detectable por el método utilizado.

Tabla 1. Análisis químicos de harina irradiada y no irradiada

Harina	Humedad (%)	Proteína (%)	Ceniza (%)
No irradiada	12.58	11.20	0.55
Irradiada	12.60	11.08	0.55

### Propiedades reológicas

Los parámetros obtenidos con el farinógrafo, tales como absorción de agua, tiempo máximo de desarrollo, estabilidad e índice de tolerancia al mezclado (ITM), se presentan en la Tabla 2. No se encontró diferencia en los valores de absorción de agua; el valor obtenido para la harina testigo es de 60.73% y para la irradiada de 60.68 lo cual indica que la irradiación no afectó la absorción de agua en la harina de trigo. Es importante aclarar, que este parámetro se considera un indicador de buen funcionamiento panadero, según lo explica Blosksma (1990). En relación al tiempo máximo de desarrollo, si se encontraron diferencias; el valor obtenido para harina no irradiada fue de 947.67 s y para harina irradiada de 802.00 s, siendo evidente un mayor tiempo de desarrollo para la harina irradiada. Blosksma (1990) explicó que valores grandes para tiempos de máximo desarrollo son representativos de un buen funcionamiento panadero. En el caso del parámetro de estabilidad, se encontró que la harina irradiada tiene una mayor estabilidad que la harina no irradiada, los valores son de 821 s para harina testigo y 944 s para harina irradiada, en consecuencia la harina irradiada presentó una mayor estabilidad de la estructura de la masa. Por otro lado, las muestras irradiadas presentaron un ligero aumento del índice de tolerancia al mezclado, siendo de 46.7 y 48.3, para harina no irradiada e irradiada, respectivamente.

Tabla 2. Parámetros del farinógrafo para harina irradiada y harina no irradiada.

Harina	Absorción de agua (%)	Tiempo de desarrollo (s)	Estabilidad (s)	ITM <sup>1</sup> (U.B.)
No irradiada	60.73	947.67	821.	46.7
Irradiada	60.68	802.00	944	48.3

<sup>1</sup> Índice de tolerancia al mezclado

Los parámetros obtenidos en la prueba de alveógrafo, ilustrados en la Tabla 3, no mostraron diferencias significativas; el alveógrafo mide las propiedades reológicas de las masas, como la extensión y tenacidad (P/G). los valores obtenidos para P/G para harina testigo y harina irradiada fueron de 4.93 y 5.00, respectivamente encontrándose que la irradiación no afectó el uso ni la calidad de la harina. Además, el alveógrafo determina también la energía o trabajo (W) necesario para deformar la masa, lo cual está estrechamente relacionado con el contenido proteico de la harina (Serna-Saldivar, 1996; Faridi y Rasper, 1987; Hosney, 1991). Los valores obtenidos para éste parámetro son, para la harina no irradiada de 436.33 y harina tratada con irradiación de 404.67 J (joules). La información obtenida indica que la irradiación produjo una disminución del parámetro W en la harina irradiada y ligeras variaciones (prácticamente insignificante) en la extensibilidad y tenacidad de la masa. El mayor valor de W para la harina testigo indica que se requeriría un mayor trabajo para lograr deformar la masa de la harina no irradiada.

Tabla 3. Parámetros del alveógrafo para harina irradiada y harina no irradiada.

Muestra	P/G o P/L	WX10 <sup>-4</sup> (joules)
Harina no irradiada	4.93	436.33
Harina irradiada	5.00	404.67

P/G o P/L= Tenacidad/índice de Hinchamiento

W= Trabajo de deformación de la masa

Los resultados obtenidos para el número de caída (Falling number) se presentan en la Tabla 4. Se observan diferencias significativas, la harina testigo mostró una mayor actividad alfa amilasa, en comparación con la harina irradiada. Los valores encontrados son: para harina testigo 455.33 s y para harina irradiada de 404.33 s. Es importante recalcar que el método de número de caída es función de la viscosidad de la harina; por lo tanto la irradiación si afectó la viscosidad de la masa. Morad y col (1978), encontraron que al aumentar la dosis de radiación la viscosidad del gluten disminuye, lo cual puede deberse al efecto de la irradiación sobre el almidón, situación confirmada en las investigaciones de Marathe y col (2002), quienes encontraron que al aumentar la dosis de irradiación aumentaba el contenido de almidón dañado.

Tabla 4. Análisis del número de caída de harina irradiada y no irradiada.

Harina	Medias del número de caída (s)
No irradiada	455.33
Irradiada	404.33

### Prueba de panificación

La prueba de panificación es la más importante para determinar la calidad de una harina panificable. En la tabla 5 se presentan, el peso, volumen y peso específico del pan obtenido de las muestras testigo e irradiada. Los valores obtenidos para el volumen de 1g de peso de pan fueron muy similares; para la harina testigo el volumen fue de 4.62 cm<sup>3</sup> y para harina irradiada de 4.54 cm<sup>3</sup>. Puede concluirse que la irradiación a dosis de 1.0 kGy no afectó el volumen y peso del pan. Darchiashvili y col (1971), investigaron las propiedades de panificación con harina irradiada a dosis de 5, 10 y 20 kGy; obteniendo como resultado que a mayor dosis mejoraban considerablemente las características de extensibilidad de la miga, y que había un aumento en su volumen y porosidad. Encontraron además que el color y aroma de la corteza y miga del pan no fueron afectados por el proceso de irradiación

Tabla 5. Volumen y peso del pan de harinas irradiada y harina no irradiada.

Harina	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso (g)	Peso específico (cm <sup>3</sup> /g)
No irradiada	474.37	102.79	4.62
Irradiada	463.50	102.07	4.54

### Prueba microbiológicas

Los resultados obtenidos de las pruebas microbiológicas, los cuales se indican en la Tabla 6, mostraron una disminución de microorganismos, esto debido al efecto de la irradiación gama, logrando una disminución de 4,400 UFC/ml con respecto a la muestra testigo que presentaba 4,583 UFC/ml. La muestra irradiada presentó únicamente 183 UFC/ml y para el caso de hongos y levaduras, se observó también una disminución, pero no tan grande como en el caso de mesófilos aeróbicos. Para el caso de hongos; en la muestra testigo se localizaron 67 UFC/ml y en la irradiada 50 UFC/ml; en levadura fue un poco más notoria: de 67 UFC/ml en la muestra no irradiada y 17 UFC/ml en la muestra tratada con irradiación. Es importante mencionar que no se encontraron coliformes totales y coliformes fecales en ambas muestras.

Tabla 6. Cuenta de mesófilos aeróbicos, hongos, levadura, coliformes total y fecal en harina de trigo irradiada y no irradiada (UFC/ml).

Microorganismo	Harina irradiada	Harina no irradiada
Cuenta total	183	4, 583
Hongos	50	67
Levadura	17	67
Coliformes totales	ND	ND
Coliformes fecales	ND	ND

### CONCLUSIONES

En el presente trabajo se encontró evidencia de que la irradiación gama a dosis de 1.0 kGy no afecta las propiedades más importantes de la harina de trigo; de hecho las propiedades químicas tales como el contenido de humedad, proteínas y cenizas no fueron afectadas. En relación a las propiedades reológicas, se encontró en el farinógrafo que la

harina irradiada sufrió una disminución en el tiempo de desarrollo y un aumento en la estabilidad y que la absorción de agua e ITM no sufrió cambios. En los parámetros medidos en el alveógrafo se encontró que la relación tenacidad elasticidad no presentó cambios, pero si afectó ligeramente el trabajo de deformación. Se detectaron cambios en el número de caída, concluyendo que la irradiación afectó ligeramente las propiedades reológicas de la harina expuesta a la radiación gama. En relación a la prueba más importante de panificación no se observaron diferencias significativas. Respecto a las pruebas microbiológicas se encontraron resultados realmente significativos, situación que adjudicamos exclusivamente al tratamiento con irradiación gama, y que consistieron en la disminución del 96% de la carga de mesófilos, un 25% de hongos y un 75% de levaduras. Podemos asegurar entonces, que el nivel de dosis aplicada a la harina para consumo humano, es la adecuada y además permite obtener un mayor nivel de higiene sanitaria.

Por último es importante mencionar que la irradiación de alimentos, con fines de preservación y esterilización, puede ser una técnica muy adecuada para disminuir las pérdidas poscosecha, el número de enfermedades gastrointestinales causadas por alimentos contaminados y sobre todo enormes problemas nacionales de carácter social y de salud, relacionados con la disponibilidad y consumo de alimentos a nivel nacional.

### LITERATURA CONSULTADA

- AACC. Approved Methods of The American Association of Cereal Chemist St. Paul Minnesota, USA. 1991
- Bloksma, A.H. 1990. Rheology of the breadmaking process. Cereal Foods World. A.A.C.C. 35:237-244.
- Darchiashvili, T.I., Chkhaldze, R.T., Bregvadze, U.D., Gongadze, N.V. 1971. Change in the baking properties of wheat flour during gama-irradiation. USSR. Editor(S): Rogachev, V.I: Radiats. Obrab. Pishch. Prod., Dokl. Vses. Nauch-Tekh, Konf. Meeting Date 1968. 148-53 (abstr).
- Carbajal, J.M y Castilla, C.F. 1977. La harina de trigo en México: Su calidad. Revista Mensual Pan. 256: 16-22.
- ICMSF.1982. Microorganismos de los Alimentos. Ed. ACRIBIA. España.
- Hoseney, R.C. 1994. Principles of Cereal Science and Technology. 2<sup>nd</sup>.ed. Ed. American Association of Cereal Chemists, Inc. St Paul. U.S.A.
- Marathe, S.A. Machalah, J.P., Pednekar, M.D., Sudh and Rao, V. 2002. Extension of shelf-life of whole-wheat flour by gamma radiation. Food Technology Division, Bhabha Atomic Research.
- Morad, M.M., El-Magoli, S.B., Roushdi, M and Beshai, R. 1978. Effect of gamma irradiation on the chemical composition, rheological properties and bread quality of the Egyptian wheat flour. Fac. Agric., Cairo Univ., Cairo, Egypt. Isot. Radiat. Res. 10(2): 103-10
- Satin, M., and Loaharanu, P. 1997. Irradiation as an Alternative post Harvest treatment. Memorias del Seminario Nacional de Aceptación y Comercio de Alimentos Irradiados. México. p. 20.
- Serna-Saldivar, S.O. 1996. Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. AGT. Editor, S.A. México, D.F.
- Rasper, V.F. y Faridi, H.A. 1987. The Alveograph Handbook

Urbina F. M. 1998. Dosimetría retrospectiva en Alimentos. Hierbas especias y condimentos. Memoria para aspirar al grado de Doctora en Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Ciencias. Departamento de Química-Agrícola, Geología y Geoquímica. p.p. 1-3, 33-45.. American Association Cereal Chemistry. St. Paul, MN.

ININ. 2000. [www.inin.mx/inin/Admon\\_Web/Html?indice\\_grafico.html](http://www.inin.mx/inin/Admon_Web/Html?indice_grafico.html)