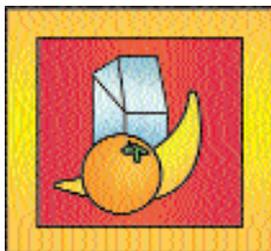


Irradiación de alimentos



Un uso benéfico y poco comprendido de la radiación es el que permite tratar a los alimentos para evitar que se descompongan. Esto alarga su vida de anaquel y permite bajar los costos en la comercialización de alimentos.

**José Luis Iturbe García
y Beatriz Eugenia López Muñoz**

Pocas técnicas de tratamiento de alimentos han sido objeto de tanta evaluación científica, escrutinio público, debate político y atención de los medios de difusión como la tecnología de irradiación de alimentos con rayos gamma. Se ha demostrado que la técnica puede ayudar a resolver los problemas de suministro de alimentos y su inocuidad, sin que ello entrañe ningún riesgo para la salud humana o para el medio ambiente. Todos los alimentos destinados al tratamiento por medios físicos —ya sea por pasteurización, enlatado, congelación, deshidratación o irradiación— deben ser de buena calidad y manipularse adecuadamente.

ALIMENTOS INOCUOS

La inocuidad de los alimentos ha pasado a ser una cuestión de alta prioridad para muchos gobiernos. La amplia divulgación de algunos casos ha hecho evidente que el brote de una enfermedad significativa transmitida por alimentos puede tener consecuencias sanitarias, políticas y económicas. Junto al creciente interés y a la divulgación realizada por los medios de difusión, la toma de conciencia y la preocupación del público respecto

de la inocuidad de los alimentos han alcanzado un alto nivel. El conocimiento de los riesgos asociados con la contaminación microbiológica de los alimentos aumentó considerablemente en el decenio pasado. Hubo varios brotes de enfermedades significativas transmitidas por alimentos y provocadas por diferentes bacterias patógenas y parásitos. Como resultado de dichos brotes, la atención se ha centrado más en las técnicas de tratamiento de los alimentos, destinadas a garantizar su inocuidad y calidad.

ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS

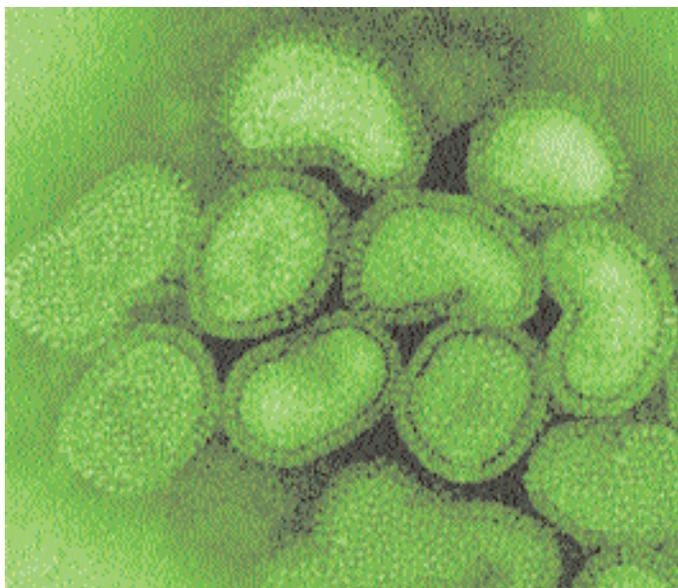
Según datos de la OMS, Organización Mundial de la Salud (Boletín OIEA, 2001) cada año hay en todo el mundo más de mil millones de casos de diarrea, con una incidencia significativamente mayor en países en vías de desarrollo. Las estadísticas del mundo industrializado

muestran que hasta el diez por ciento de la población de esos países puede padecer anualmente una enfermedad transmitida por los alimentos. En muchos países industrializados, recientes brotes de enfermedades de ese tipo indican que los alimentos crudos, incluidos la carne de ave, de res, productos cárnicos, alimentos marinos, frutas y vegetales, suelen estar contaminados con una o varias bacterias patógenas, como *Salmonella*, *Campylobacter*, *Yersinia*, *Listeria*, *Shigella*, *Vibrio*, y *Escherichia coli*, y parásitos como protozoos, nemátodos (gusanos cilíndricos) y tremátodos (gusanos con ventosas o ganchos). Es frecuente que estas infecciones, además de reducir el rendimiento económico, tengan consecuencias graves, crónicas o fatales.

Conforme al Centro de Control y Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos, las intoxicaciones alimentarias traen como resultado cada año 5 mil fallecimientos, 325 mil pacientes hospitalizados y 76 millones de personas enfermas. También se han presentado problemas de salud debidos a alimentos contaminados por bacterias patógenas (figura 1) en otros países del primer mundo: en 1993 cuatro niños fallecieron al ingerir hamburguesas poco cocinadas en una cadena de restaurantes de la costa occidental de Estados Unidos infectadas por la variedad de la bacteria *E. coli* capaz de causar diarrea. En el verano de 1996, en un programa de almuerzos para escolares en Japón que incluían retoños de rábanos frescos en forma de ensalada, éstos se encontraban contaminados por la misma bacteria, y causaron enfermedades en miles de personas y el fallecimiento de once escolares. En diciembre de 1996, se produjo en Escocia otro caso relacionado con el consumo de carne contaminada, que motivó el fallecimiento de 16 ancianos.



Figura 1. Ejemplo de un virus, microorganismo patógeno presente en los alimentos.



INOCUIDAD Y CALIDAD DE LOS ALIMENTOS

La irradiación de los alimentos se originó a mediados de los años cuarenta, gracias al trabajo de científicos franceses. Su aplicación se realizó al final de la Segunda Guerra Mundial. Posteriormente se dejó de irradiar al final de los años sesenta, debido a la oposición de los científicos del mundo entero.

A principio de los años ochenta se volvió a utilizar el método de irradiación a nivel mundial. Se

procedió a realizar estudios recomendados por la *Federal Drug Agency* de los Estados Unidos. La conclusión de este organismo (en 1984) fue que esta tecnología es completamente segura. El consenso científico de que la irradiación puede utilizarse con eficacia para neutralizar diferentes bacterias patógenas y parásitos que se alojan en los alimentos data de los años setenta. A mediados de los ochenta, ese consenso recibió el respaldo en un informe presentado por un equipo de estudio perteneciente al Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiación de Alimentos, que llevó a cabo una minuciosa evaluación de los riesgos. El grupo se creó en 1984 bajo los auspicios del Organismo Internacional de Energía Atómica, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud. En 1986, el equipo de estudio llegó a la conclusión de que no existe ni existirá en un futuro previsible ninguna tecnología capaz de producir alimentos crudos de origen animal, en particular carne de ave o de cerdo, que garantice que puedan estar libres de determinados microorganismos patógenos y parásitos, como *Salmonella*, *Campylobacter*, *Trichinella* y *Toxoplasma*. Por tanto, esos alimentos constituyen una amenaza importante para la salud pública. Y por eso debe pensarse seriamente en la descontaminación o desinfección mediante la irradiación.

En 1988 se pidió a la *Federal Drug Agency* que aprobara el uso de radiaciones para neutralizar las bacterias patógenas presentes en la carne de ave y los productos cárnicos. En 1992, tras una minuciosa evaluación de la irradiación de carne de ave, se aprobó su uso para este fin. El primer irradiador comercial (figura 2) de alimentos que utiliza cobalto-60 como fuente de irradiación comenzó a funcionar en Mulberry, cerca de Tampa, Florida, a principios de 1992.

La irradiación de alimentos es un proceso parecido a la pasteurización; sirve para preservar los alimentos. La irradiación utiliza la radiación ionizante, a diferencia de la pasteurización, que utiliza el calor. La irradiación consiste en exponer a los alimentos a los rayos gamma por un tiempo determinado. En el proceso de irradiación de alimentos se puede utilizar la radiación gamma del cobalto-60 o cesio-137; rayos X o electrones.

Al igual que sucede con otros procesos a que se someten los alimentos para su inocuidad –por ejemplo, el tratamiento por calor o la desecación–, la irradiación produce en ellos cambios químicos. Los tipos de radiaciones con que se tratan los alimentos tienen suficiente energía para provocar la expulsión de electrones al medio receptor, produciendo ionización. Los iones y radicales libres que se forman originalmente cuando la radiación

El primer irradiador comercial de alimentos que utiliza cobalto-60 como fuente de irradiación comenzó a funcionar en Mulberry, cerca de Tampa, Florida, a principios de 1992



Figura. 2. Sistema de un irradiador gamma de cobalto-60, también llamado "gammacell".

ionizante pasa por el alimento son inestables en la mayoría de los casos, y pueden reaccionar entre sí o con los componentes del alimento y producir compuestos denominados “productos radiolíticos”. Es importante saber que estos compuestos son idénticos o similares a los que se hallan presentes en los alimentos tratados con otras técnicas e, incluso, en los alimentos no tratados.

Beneficios de la irradiación

- La irradiación reemplaza ciertos tratamientos químicos.
- Permite la disminución o retraso de maduración de ciertas frutas y legumbres.
- Reduce la pérdida de alimentos debido a la infestación producida por las bacterias, insectos y por los mohos que los contaminan y que pueden provocar enfermedades cuando se ingieren los alimentos.

Radiaciones utilizadas

Rayos gamma: La radiación gamma es una radiación electromagnética como la luz visible,

Los rayos X provienen de átomos excitados por electrones acelerados, los cuales se producen en un acelerador de partículas

pero con mayor frecuencia y por tanto mayor energía. Los núcleos de los átomos radiactivos son inestables. Se reorganizan espontáneamente para formar un núcleo estable con emisión de radiación, la cual es utilizada para tratar a los alimentos. Los núcleos radiactivos existen en la naturaleza, en pequeñas cantidades y en casi toda la materia. Se pueden crear artificialmente como se hace con el cobalto-60, por activación con neutrones térmicos del cobalto en un reactor nuclear de investigación.

Rayos X: Son otro tipo de radiación electromagnética como la radiación gamma, de mayor frecuencia y sobre todo de origen diferente. Los rayos X provienen de átomos excitados por electrones acelerados, los cuales se producen en un acelerador de partículas.

Dosis

Las dosis son muy diferentes para cada tipo de radiación:

- 10 kilograys (miles de unidades de radiación) por hora para los rayos gamma.
- 10 kilograys por minuto para los rayos X.
- 10 kilograys por segundo para los electrones acelerados.

Instalación

Las barras de cobalto-60 que se utilizan para irradiar los diferentes productos se encuentran en una piscina, que sirve como contenedor de la fuente de radiación gamma cuando las intervenciones se mantienen fuera de uso en las instalaciones. Cuando se realiza algún tipo de tratamiento, ninguna persona debe permanecer dentro de las instalaciones, pues la radiación gamma en grandes dosis es peligrosa para el hombre.

Papas, mangos, cebollas, ajos y cítricos, entre muchos otros alimentos, han sido irradiados (figura 3) para inhibir su germinación, con la finalidad de que se puedan conservar mucho más tiempo. A las fresas, aguacates y jitomates se les da el mismo tratamiento para retardar su maduración. Harina, harina de trigo entero, especias enteras, molidas, sazónadores deshidratados y legumbres frescas y secas son igualmente irradiadas para destruir los microorganismos que contengan. También se ha tratado carne de res molida, de pescado y de aves por medio de las radiaciones. Este tratamiento no sustituye a los otros procesos como las bajas temperaturas, la cocción o el uso de compuestos químicos, sino que sirve como complemento.

La acción de las radiaciones, en particular las del cobalto-60, ocasionan rupturas en los enlaces químicos que unen a los



Figura 3. Frutas y legumbres irradiadas con rayos gamma para conservarlos frescos más tiempo.

átomos cuando interactúan con la materia viva, lo que permite eliminar en frío y con gran confiabilidad las bacterias, el moho y los parásitos. Los efectos dependen de la dosis de irradiación. Las dosis utilizadas para la conservación y esterilización están bien determinadas para su objetivo, y las radiaciones no vuelven radiactivos a los alimentos. Pueden perturbar átomos y moléculas, pero no lo hacen con los núcleos. Las transformaciones producidas durante la irradiación no resultan tóxicas.

Por todo esto, pueden matar a los organismos vivos que contaminan los alimentos teniendo efectos mínimos sobre el alimento mismo.

Los alimentos con envoltura que han sido objeto de una irradiación completa deben mostrar el símbolo internacional de irradiación (como el que se muestra en la figura 4) con una notación indicando que el producto ha sido irradiado. Este tipo de información también se debe de incluir en los alimentos sin envoltura como las frutas frescas y algunas verduras.

Figura 4. Símbolo internacional que indica “alimento tratado con radiación gamma” y alimentos que han sido irradiados, portando el símbolo.

APLICACIONES COMERCIALES DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS

Desde comienzos de los ochenta, varios países han utilizado la irradiación para garantizar la inocuidad microbiológica de diferentes tipos de productos alimenticios.

Actualmente más de 40 países han autorizado la irradiación de 224 tipos de alimentos y productos agrícolas. De ellos, 32 países utilizan este proceso para la venta comercial de alimentos (véase el cuadro 1).

El volumen total de alimentos irradiados ha aumentado significativamente en los últimos años hasta alcan-



CUADRO 1.

Alimentos procesados mediante irradiación a escala mundial
(Estimaciones de 1999; total: 243 000 toneladas) (Boletín OIEA, 2001)

País	Alimento
Alemania	Espicias.
Argentina	Espicias, vegetales secos, ajo, productos de huevo, suero bovino deshidratado (740 toneladas).
Bangladesh	Pescado seco, alimentos congelados, legumbres (229 toneladas).
Bélgica	Pienso para animales de laboratorio, especias, ancas de rana congeladas, camarones, hierbas aromáticas y té (15 000 toneladas).
Brasil	Espicias.
Canadá	Espicias (3 000 toneladas).
Chile	Espicias y condimentos, vegetales secos, alimentos congelados (productos del mar) (635 toneladas).
China	Espicias, condimentos de origen vegetal (ajo: 32 000 toneladas), papas, cebollas, vegetales deshidratados, carne refrigerada, alimentos dietéticos, arroz, cereales, harina de trigo (72 000 toneladas).
República de Corea	Papas, cebollas, ajo, castañas, setas (frescas y secas), especias, carne seca, polvo de moluscos, pasta de pimentón rojo en polvo, salsa de soya en polvo, fécula para condimentos, vegetales secos, productos de levadura y enzimas, polvo de aloe, productos de ginseng, comidas estériles (2 500 toneladas).
Croacia	Pimentón rojo molido, raíces y hojas de malvavisco, hojas de abedul, hojas de menta, hojas de tomillo, flores de manzanilla, extracto de hierba de San Juan, extracto de menta, extracto de valeriana (37 toneladas).
Cuba	Frijoles, cebollas, papas.
Dinamarca	Espicias.
Estados Unidos	Espicias, productos agrícolas frescos, pollos (50 000 toneladas).
Finlandia	Espicias.
Francia	Espicias y condimentos de origen vegetal, camarones congelados, ancas de rana, aves (pollos deshuesados congelados) (25 000 toneladas).
Hungría	Espicias, vegetales secos (800 toneladas).
Indonesia	No especificado (4 015 toneladas).
Irán	Espicias.
Israel	Espicias, condimentos y hierbas (1 000 toneladas).
Japón	Papas (20 000 toneladas).

CUADRO 1. (continúa)

País	Alimento
Malasia	Espicias, hierbas e ingredientes secos para alimentos.
México	Alimentos secos (4 600 toneladas).
Noruega	Espicias.
Países Bajos	No especificado (30 000 toneladas).
Perú	Espicias, aditivos alimentarios, piensos.
Polonia	Espicias, setas y vegetales deshidratados (300 toneladas).
Reino Unido	Espicias.
República Checa	Ingredientes secos para alimentos, especias (850 toneladas).
Sudáfrica	Cereales, suero de leche, queso en polvo, alimentos deshidratados, vegetales deshidratados y frescos, frutas secas, productos de huevo, pescado, ajo, preparados dietéticos, productos de miel, encurtidos, gelatina, alimentos de vida comercial, mezclas de soya, especias y hierbas aromáticas, vegetales en polvo (11 492 toneladas).
Tailandia	Salchichas de cerdo fermentadas, especias para sopas y otros productos (880 toneladas).
Vietnam	Espicias, hierbas secas.
Yugoslavia	Espicias.

Nota: no todos los países presentaron estimaciones.

zar una cifra estimada en más de 250 mil toneladas anuales. Desde el principio, la industria alimentaria prestó gran atención a los ingredientes de los alimentos, en particular las especias y los condimentos de origen vegetal secos (figura 5). Estos productos deben cumplir las normas microbiológicas exigidas para la elaboración de alimentos listos para el consumo, o incluso de alimentos enlatados. Las especias y los condimentos secos de origen vegetal, que se producen normalmente en los países en desarrollo con métodos tradicionales de manipulación y tratamiento, están muy contaminados con varios tipos de microorganismos patógenos. A menos que reciban trata-

Figura 5. Especias y diversos tipos de carnes también han sido tratados con radiación gamma.



Desde 1991, la Unión Europea ha prohibido el empleo del óxido de etileno y el óxido de propileno para destruir a los microorganismos presentes en las especias y condimentos secos

Figura 6. Algunas especias y alimentos secos irradiados para garantizar su inocuidad.

miento químico, térmico o irradiación, los alimentos que contienen esos ingredientes contaminados se deteriorarán rápidamente o requerirán más calor para su elaboración, como en el caso de los alimentos enlatados, lo que implica una disminución de su calidad. Desde 1991, la Unión Europea ha prohibido el empleo del óxido de etileno y el óxido de propileno para destruir a los microorganismos presentes en las especias y condimentos secos, debido a que estos productos son cancerígenos y por la seguridad de los propios trabajadores.

Desde mediados de los noventa, la irradiación de especias, condimentos de origen vegetal secos y otros ingredientes de los alimentos (figura 6) ha aumentado significativamente en los Estados Unidos y otros países que no exigen requisitos tan estrictos para el etiquetado de los productos irradiados. Las especias y otros ingredientes irradiados durante el año 2000 ascienden a unas 90 mil toneladas, destinadas en su mayoría a la industria de elaboración de alimentos para garantizar la inocuidad microbiológica y la calidad de estos productos. La irradiación comercial de los alimentos de origen animal para garantizar su inocuidad microbiológica también se ha afianzado en Europa. Desde principios de los ochenta, la irradiación de camarones y ancas de rana congelados de importación se ha hecho habitual en Bélgica, Francia y los Países Bajos. Tailandia comercializa salchichas irradiadas desde 1986, con amplia aceptación. En Estados Unidos se venden carnes que han sido irradiadas. La comercialización comenzó después de la aprobación del método por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos en 1997. En mayo de 2000 se puso en servicio un acelerador de electrones en un complejo de



elaboración y almacenamiento de carne situado en Iowa. Ya se venden ampliamente en unos 20 estados cantidades comerciales de carne congelada irradiada, sobre todo carne de res picada, para garantizar la eliminación de la variedad de la bacteria *E. coli* que causa diarreas. Después de esta fecha, el proceso ha seguido evolucionando hacia la irradiación de casi todos los alimentos, sobre todo en el comercio agroalimentario.

En Francia, aproximadamente 25 mil toneladas de productos destinados a la alimentación son esterilizados anualmente a nivel industrial, usando irradiación gamma o mediante electrones acelerados, para asegurar la higiene alimentaria. Estas radiaciones constituyen una herramienta selecta para eliminar en frío y con una gran confiabilidad los microorganismos patógenos como bacterias, hongos y parásitos.

Como ya se dijo, durante la operación, sólo los átomos y las moléculas sufren los efectos de la radiación. La irradiación no interactúa con los núcleos, contrariamente a lo que sucede con los neutrones. Además los efectos cesan al término de la operación. Ningún elemento radiactivo se produce al irradiar con estos tipos de radiación en estas condiciones. Desde este punto de vista, el consumo de alimentos estériles por medio de este método no representa ningún peligro. Los efectos dependen de la dosis de irradiación expresada en grays (cuadro 2).

Los experimentos científicos de los cuatro últimos decenios han demostrado ampliamente la eficiencia de la irradiación como método para garantizar la calidad higiénica de los alimentos sólidos, del mismo modo que la pasteurización lo logró con los alimentos líquidos. Tras decenios de investigaciones, desarrollo, debates públicos y pruebas de aceptación por el consumidor realizados en muchos países, la irradiación se ha establecido como una tecnología segura y confiable para garantizar la

Los experimentos científicos de los cuatro últimos decenios han demostrado ampliamente la eficiencia de la irradiación como método para garantizar la calidad higiénica de los alimentos sólidos

CUADRO 2.

Algunos valores de dosis de irradiación expresados en kilograys y sus efectos.

Dosis (kilograys)	Efecto
0.04 a 0.1	Inhibe la germinación
0.03 a 0.2	Esteriliza insectos
1 a 3	Mata insectos
1 a 4	Elimina microbios
1 a 6	Elimina gérmenes patógenos
15 a 50	Esteriliza completamente



inocuidad y calidad de los alimentos y combatir las enfermedades transmitidas por éstos. Dado su amplio espectro, su papel como método para garantizar la inocuidad microbiológica de los alimentos sólidos podría incluso alcanzar una trascendencia mayor que la lograda por la pasteurización desde que se introdujo hace más de un siglo.

Bibliografía

- Boletín OIEA, *Revista del Organismo Internacional de Energía Atómica* (1990), "Isótopos", Viena, Austria, 32, 4.
- Boletín OIEA, *Revista del Organismo Internacional de Energía Atómica* (2001), "Técnicas nucleares para atender a las necesidades humanas", Viena, Austria, 43, 2.
- Gerhart Friedlander, Joseph W. Kennedy y Julian Malcolm Miller (1964), *Nuclear and radiochemistry*, Tokio, Wiley, segunda edición.
- Iturbe García J. L. (2001), *Fundamentos de radioquímica*, México, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Cocher D. C. (1981), *Radioactive decay data tables*, USA, Ed./Coordinador Smith J. S.
- www.ecoroute.uqen.rc.ca
- www.hc-sc.gc.ca
- www.beefinfo.org/fr/pdf/FICS_P.pdf
- www.inspection.gc.ca/francais/bureau/labeti/guide/tablef.shtml

José Luis Iturbe García es doctor en Química con especialidad en química analítica y control del medio ambiente. Actualmente es investigador en el Departamento de Química del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Sus áreas de interés son radioquímica y medio ambiente, química del uranio e isótopos radiactivos y almacenamiento de hidrógeno en forma de hidruros metálicos. Es autor de un libro sobre radioquímica y miembro del Sistema Nacional de Investigadores y de la Academia Mexicana de Ciencias.

jlg@nuclear.inin.mx

Beatriz Eugenia López Muñoz obtuvo su doctorado en la Universidad Louis Pasteur de Estrasburgo, Francia. Ha desarrollado investigaciones sobre química nuclear, radioquímica, petróleo y algunos de sus derivados, química del uranio y algunos productos de fisión en solución, contaminación ambiental y materiales para la eliminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Actualmente es investigadora del Departamento de Química del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Ha publicado diversas contribuciones en revistas especializadas nacionales e internacionales. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores desde 1990.

belm@nuclear.inin.mx