



La radiación a la mesa

Laura Rossi, Dana Watson, Soledad Escandarani, Andrea Miranda y Alcides Troncoso

Universidad de Buenos Aires,
Argentina. Cátedra de
Microbiología y
Parasitología.

Recibido: 1 de abril de 2009
Aceptado: 15 de junio de 2009

Correspondencia a:
Alcides R. Troncoso
microbiologiayparasitologia@
yahoo.com.ar

Radiation on the dining table

Zero tolerance to bacterial contamination means considering the acceptance of "radiation on the table". The process of food irradiation has been extensively studied, nevertheless its use remains a matter of some controversy. Despite unanimous agreement within the medical community of the safety of this procedure, occasional concerns arise from the consumers. A common consumer misconception is that irradiation may turn the food "radioactive". A significant number of scientific studies on the topic were analyzed. We found no scientific study demonstrating that consumption of irradiated food might pose a risk to consumers. All studies conclude that food irradiation at the appropriate dose required to reduce contamination is safe and does not affect its nutritional value. In order to emphasize the issue we discuss the potential benefit vs harm of irradiation of food contaminated with *E. coli* 0157: H7. The association of this bacteria with severe disease and death has been clearly established in contrast with the lack of a demonstrated risk due to meat irradiation. We conclude that the risks of food irradiation remains "unknown" simply because, after four decades of research, none has been identified. In contrast to the risks of acquiring a food transmitted bacterial disease, the risk of irradiation is negligible.

Key words: Food irradiation, food safe, foodborne illness.

Palabras clave: Alimentos irradiados, alimentos seguros, enfermedades por alimentos.

Introducción

Después de comprobar que la espinaca contaminada por la cepa de *Escherichia coli* 0157: H7 causó la muerte de varias personas, la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) de E.U.A., finalmente autorizó la irradiación de la espinaca y la lechuga a nivel industrial pese a que todavía no es utilizada universalmente. Por otra parte, si bien se permite la irradiación de carne, rara vez se la aplica. A los fabricantes de alimentos en E.U.A., les preocupa que los beneficios aparentes no justifiquen el costo o el posible rechazo de los consumidores. Algunos grupos sostienen que la propagación de la irradiación de los alimentos después de la transformación simplemente sirve para cubrir los problemas de higiene de los mismos. Y otros cuestionan la seguridad a largo plazo de la irradiación¹.

Con todas estas dudas, una cosa es cierta: la propagación de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) continúa. Los casos que se elevan a la opinión pública son sólo la punta del iceberg. Los CDC estiman que hay 76 millones de casos de ETAs cada año, sólo en E.U.A. La inmensa mayoría son leves, pero los CDC calculan que 5.000 muertes son atribuidas a origen alimentario y 325.000 son hospitalizados cada año por esta causa. Esta situación disturba intensamente a los defensores de la irradiación. Nuestra sociedad tiene maneras de prevenir la enfermedad y la muerte que no se están utilizando.

Las normas son tan estrictas sobre la irradiación que cada ocasión que se intenta instrumentarla y utilizarla, se plantea un nuevo problema, y eso es en detrimento de la población. Los miedos son infundados, similares a los temores de los principios de la pasteurización de la leche cuando ésta se introdujo².

La irradiación proporciona importantes beneficios para la salud. Este método ayuda a mantener los alimentos de manera más segura, hace posible conservar los mismos durante más tiempo en mejores condiciones, evita que se deterioren y echen a perder o que se produzcan condiciones no deseadas como ser la brotación en tubérculos. Destruyen algunos insectos, hongos y bacterias que pueden hacer que la gente enferme, razón por la cual personas que necesitan consumir alimentos seguros, como pacientes inmunocomprometidos, podrían consumir alimentos irradiados. Los astronautas americanos han ingerido alimentos irradiados durante sus viajes espaciales desde 1972. Los alimentos irradiados son sanos y nutritivos. La irradiación, a diferencia de la cocción, no cambia el carácter fresco de la comida pues este proceso tiene el mismo impacto, o incluso inferior, en la nutrición de los alimentos que cocinarlos, enlazarlos, congelarlos o simplemente almacenarlos. La pasteurización en frío mediante el uso de radiación puede ser usada como una intervención final dentro del programa HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*) para proteger a los consumidores de enfermedades transmitidas por



alimentos que difícilmente pueden ser controladas con otros métodos³.

La irradiación permite inactivar algunos de los siguientes agentes patógenos: *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Cyclospora cayetanensis*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, *Toxoplasma gondii*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio parahaemolyticus* y *Yersinia enterocolitica*. Los patógenos que forman esporas son más resistentes a la radiación ionizante respecto de los que no forman esporas, pero este método de todas formas logra reducir el número de las mismas⁴.

En 1896, Mink sugirió que los rayos X podrían ser beneficiosos para el control de agentes patógenos. Green descubrió que la radiación proveniente del Radio inactivaba a *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae* y *Bacillus anthracis*. En 1918 Gillett patentó un dispositivo que contenía 16 tubos de rayos X que podían inactivar larvas de triquinelas en cerdos⁵.

Factores que influyen sobre la efectividad del tratamiento radiante

La efectividad del tratamiento depende de una serie de factores, algunos de los cuales son intrínsecos del microorganismo en estudio y del producto alimenticio en el cual se encuentra y otros factores están relacionados con el proceso, como lo son la temperatura y la atmósfera al momento de la irradiación. Generalmente, la resistencia de los microorganismos a la radiación está indirectamente relacionada con su complejidad y tamaño. Siguiendo el orden de sensibilidad: protozoo > bacteria en fase log > célula en fase estacionaria > espora > virus > prion. Los patógenos son más sensibles a la radiación ionizante en alimentos con alto contenido de agua que en los alimentos secos. Por otro lado, la presencia de anti-oxidantes en los alimentos a tratar protege al microorganismo de los efectos de la radiación².

Tipos de radiación utilizada

- Rayos gamma provenientes de cobalto radioactivo ⁶⁰Co (a partir de la desintegración radiactiva de isótopos de cobalto).
- Rayos gamma provenientes de Cesio radioactivo ¹³⁷Cs.
- Rayos X, de energía no mayor de 5 mega electrón – Volt (Se generan mediante un aparato eléctrico que funciona con una energía igual o inferior a 5 MeV).
- Electrones acelerados, de energía no mayor de 10 MeV (Se generan mediante un aparato eléctrico que funciona con una energía igual o inferior a 10 MeV).

Los alimentos pueden ser irradiados para: inhibir la brotación en tubérculos y bulbos; detener el crecimiento e inhibir la maduración de alimentos frescos; desinfectar alimentos de artrópodos; inactivar patógenos productores de enfermedades transmitidas por alimentos y microorganismos esporulados; esterilizar alimentos. Es un hecho que las fuentes de la radiación nunca deberán estar en contacto con los alimentos y deben ser incapaces de generar cualquier tipo de radioactividad en los mismos. Está demostrado que la irradiación de alimentos no produce efectos nocivos sobre la salud y no modifica el valor nutritivo del alimento, pero al igual que otros procesos para asegurar la inocuidad de los mismos, para mantener las características organolépticas se debe realizar una correcta aplicación de la tecnología⁶.

Definiciones-unidades de conversión

La irradiación de alimentos es un método físico de conservación, comparable a otros que utilizan el calor o el frío. Consiste en exponer el producto a la acción de las radiaciones ionizantes (radiación capaz de transformar moléculas y átomos en iones, quitando electrones) durante un cierto lapso, que es proporcional a la cantidad de energía que deseamos que el alimento absorba.

- Valor D: Dosis absorbida, es la parte de la energía que es absorbida por la materia cuando inciden sobre ella los rayos X o los rayos gamma, se mide en Gray (Gy) o en kiloGrays (kGy). La dosis que cada producto absorbe se calcula en función de la fuente o por la tasa de dosis y el tiempo que la muestra está expuesta a la irradiación.
- Gray (Gy). Unidad de radiación que en el Sistema Internacional sustituye al rad. Es la cantidad de energía absorbida por el sistema irradiado, equivalente a un Joule/kilogramo de material irradiado (1J/kg de sustancia irradiada).
 - Un kiloGray = 1 kGy = 1000 Grays = 1000 Gy.
 - kGy: Unidad utilizada para representar la absorción de 1.000 Joule/Kg de alimento.
 - 1.000.000 rads = 1 megarad (Mrad)
 - 1 gray (Gy) = 100 rads
 - 1 kilogray (kGy) = 100,000 rads
 - 1 kGy = 0.1 Mrad
 - 10 kGy = 1 Mrad

La dosis absorbida por un alimento se determina usando productos naturales o sintéticos, sólidos o líquidos, cuya respuesta a la radiación es conocida. A estos productos se les conoce como dosímetros, representan la variación lineal de una propiedad física con la dosis absorbida. Los dosímetros de termoluminiscencia (TLD, Thermoluminescence Dosimeters) son materiales que varían



su intensidad de emisión de termoluminiscencia en función de la dosis absorbida. Los dosímetros TLD no son de gran utilidad para medir las dosis requeridas en la irradiación de alimentos. Para grandes dosis se escogen dosímetros de altas energías (10^2 a 10^6 Gy) basados en el efecto de las radiaciones en otros tipos de materiales que han sido sometidos a procesos de fatiga (respuesta de las propiedades mecánicas a las dosis crecientes de radiación)³.

Radapertización. La dosis requerida es de 25 a 45 kGy y es el tratamiento de los alimentos con una dosis de radiación suficiente para reducir el nivel de microorganismos de acuerdo a los aspectos de la esterilización, de tal manera que prácticamente no se detecte microorganismo alguno, excepto virus (se estima una reducción del 99% de los microorganismos) en el alimento tratado.

Raditización. La dosis requerida es de 2 a 8 kGy y es el tratamiento de los alimentos con una dosis de radiación ionizante suficiente para reducir el nivel de microorganismos patógenos no esporulados, incluyendo parásitos, hasta un nivel no detectable por cualquier método.

Radidación. La dosis requerida es de 0,4 a 10 kGy. Es el tratamiento de los alimentos con una dosis de radiación ionizante suficiente para alargar la vida útil de los alimentos mediante la reducción de los microorganismos⁴.

Aplicaciones de la irradiación de alimentos

Dosis baja (hasta 1 kGy): Retrasa los procesos fisiológicos, como maduración y envejecimiento de frutas frescas y vegetales, y sirve también para controlar insectos y parásitos en los alimentos.

Dosis media (hasta 10 kGy): Reduce los microorganismos patógenos y descomponedores de distintos alimentos; se utiliza para mejorar propiedades tecnológicas de los alimentos, como reducir los tiempos de cocción de vegetales deshidratados y para extender la vida de varios alimentos.

Dosis alta (superior a 10 kGy): Esteriliza carne, pollo, mariscos y pescados, y otras preparaciones, en combinación con un leve calentamiento para inactivar enzimas y para la desinfección de ciertos alimentos o ingredientes, como las especias¹.

Límites

Los límites impuestos por la regulación de E.U.A. pueden ser usados como una guía orientativa y son los siguientes:

- *Trichinella spiralis*: para su control en reses de cerdo o cortes frescos crudos de cerdo, la dosis mínima es de 0,3 a 1 kGy.
- Inhibición del crecimiento y maduración en alimentos frescos: la dosis máxima no debe exceder 1 kGy.

- Desinfección de artrópodos: dosis máxima: 1 kGy.
- Preparados deshidratados de enzimas: para la desinfección la dosis máxima no debería exceder los 10 kGy.
- Especias secas o deshidratadas: la dosis máxima no debería exceder los 30 kGy.
- Aves de corral: la dosis máxima no debería exceder los 3 kGy.
- Carne: no exceder los 4,5 kGy en productos refrigerados y no superar los 7,0 kGy en productos congelados.
- Huevos: para controlar la presencia de salmonelas en huevos frescos, no exceder los 3 kGy.
- Semillas: no exceder los 8 kGy⁷.

Efecto de la radiación sobre las características organolépticas de los alimentos

Estas propiedades se mantienen, en gran medida, utilizando las dosis adecuadas de radiación. En cambio, si se utilizan dosis elevadas, el alimento puede modificar su sabor, color y textura. Por ejemplo, puede ocurrir la aparición de un olor y/o sabor típico a radiación debido al efecto de los radicales libres sobre los lípidos y las proteínas. El aroma es más pronunciado justo después del procedimiento de radiación, disminuyendo, e incluso desapareciendo, durante el almacenamiento o después de cocinar el producto. En general, las alteraciones organolépticas producidas por irradiación se presentan a dosis menores que las necesarias para producir alteraciones nutricionales. Estas alteraciones, pueden minimizarse irradiando el alimento envasado al vacío o en atmósferas modificadas, en estado congelado o en presencia de anti-oxidantes³.

El color del producto también puede verse afectado (oscurecimiento en las carnes). Esta modificación no se presenta de inmediato, sino al cabo de varias horas e incluso días después de recibir la irradiación. Los bifés irradiados toman un color rojo más oscuro y el cerdo y el pollo más rosa. Estos son más pronunciados a mayores niveles de energía ionizante. Cuando la carne es irradiada a bajas dosis bajo condiciones específicas tales como con o sin oxígeno, con envase específico tal como cerrado herméticamente al vacío o en condiciones de congelado, no hay desarrollo notable de olores o sabores. La irradiación de pechuga de pollo a dosis de más de 10 kGy produce un pequeño efecto en la aceptabilidad sensorial de apariencia, olor, textura y gusto. En frutas y hortalizas se produce un considerable ablandamiento⁴.

La irradiación aumenta pocos grados la temperatura del alimento; por esto, las pérdidas de nutrientes son muy pequeñas, incluso menores que otros métodos como el enlatado, desecado y pasteurización o esterilización por calor. La radiación ionizante interacciona con los átomos y/o moléculas de dos formas. El efecto primario



es la alteración del ADN y secundariamente conduce a la formación de radicales libres^{8,9}.

Beneficios de la irradiación de alimentos

Los beneficios más importantes de esta técnica son:

- Dosis específicas de radiación destruyen las células en reproducción, *lo que está vivo en un alimento*: microorganismos, insectos, parásitos.
- La mayor calidad microbiológica que ofrecen estos alimentos.
- Aumento de la vida de los alimentos tratados, por el retraso del deterioro natural de carnes, cereales y frutas.
- Disminuye la utilización de compuestos químicos. Por ejemplo, el uso de fumigantes en las especias y condimentos (residuos tóxicos)¹⁰.

Grupos pro y en contra de los alimentos irradiados

La posición más crítica es de algunos consumidores que argumentan:

- Las “reparaciones técnicas” no son sustituto para un buen manejo en toda la cadena alimentaria.
- Cuando los alimentos están en mal estado, el color y el olor desagradable advierten que no se debe ingerirlos. La irradiación enmascara estos signos de desvitalización.
- Los alimentos buenos no necesitan irradiación.
- Si se aplican buenas prácticas de higiene, la irradiación no es necesaria.
- Temor de que la irradiación sustituya las buenas prácticas de higiene.
- Los “críticos” también señalaron que la irradiación podía ser utilizada por fabricantes descuidados para ocultar inadecuadas normas de procesamiento y monitoreo de los alimentos. Varios casos en la década del 80 y del 90 sirvieron para destacar este problema. En agosto de 1989, por ejemplo, un envío de langostinos de la India fue rechazado en E.U.A. por estar contaminado con salmonela. Luego se comprobó que la partida fue enviada a Los Países Bajos para ser irradiada, y luego ofrecido, en venta al Reino Unido^{3,11}.
- Cuestionamiento del beneficio de la prolongación del período de conservación de los alimentos: es beneficio para el productor, no de los consumidores. Ellos hablan del “peligro escondido”¹.

En contra: algunos productores y comerciantes de productos cárnicos, frutos secos, hortalizas secas, patatas, lácteos, copos de cereales y té argumentan:

- Procedimientos actuales suficientes (no hay necesidad de usar radiación).
- Imagen negativa de los productos irradiados (confusión entre los frescos y los irradiados).

- El envasado y etiquetado: resalta más su carácter irradiado en vez del producto principal.
- Opinión negativa de los consumidores. Durante la década de 1980, cuando la irradiación de alimentos fue promocionada por el gobierno y por la industria de la alimentación como prevención de las ETAs, quedó claro que la mayor barrera a su implementación era la opinión pública. En 1989, una encuesta realizada por el *Neilson/Henry Centre for Forecasting* (centro de pronósticos) demostró que 70% de los consumidores no deseaba comprar productos irradiados y 20% no estaba seguro. El mismo año, un supermercado francés realizó una promoción experimental de fresas irradiadas destacando el hecho de que las fresas permanecerían “frescas” por un período más extenso. Las cifras de venta demostraron que 60% de los compradores no adquirieron las fresas y 255 de los que las compraron, no volvieron a comprar más. Muchos supermercados del Reino Unido respondieron a la preocupación del público declarando que no se abastecerían con productos irradiados. La industria consideró que el rechazo a la irradiación se debía a la “imagen negativa” de todo lo relacionado con la industria nuclear y la radioactividad¹².

Posiciones a favor: el sector encargado de la irradiación, el grupo consultivo internacional sobre irradiación de alimentos de la FAO y la OMS, el Gobierno de los Estados Unidos, algunos países europeos y algunas asociaciones e institutos de investigación posee argumentos positivos a saber:

- Hay estudios científicos que avalan la seguridad de esta técnica.
- Aumento de la protección del consumidor destruyendo microorganismos patógenos en los alimentos.
- Afirmación de que esta técnica, bien aplicada, no sustituirá las buenas prácticas de higiene.
- No justifican la restricción de esta técnica, ya que las autoridades nacionales deberían basar su legislación en las normas del Codex, el rigor científico y el análisis de riesgo apropiado.
- Recalcan que las medidas higiénicas actuales no son suficientes para evitar la presencia de microorganismos patógenos, en especial en carnes rojas y aves de corral.
- Ser el mejor sustituto de la fumigación de frutas y hortalizas para evitar las plagas.
- Permite sustituir a los productos químicos perjudiciales.
- No hay evidencia en los alimentos irradiados de fractura de hebra ADN o recombinación, ni de inducción de daño al ADN o estrés oxidativo.
- Insisten que el pequeño volumen de alimentos tratados actualmente no significa que la necesidad no exista, sino que es debido al gran peso que tiene el factor social, medioambiental y económico sobre esta técnica.



- La irradiación de carnes y de aves no reemplaza la cocción adecuada o las prácticas de buen manejo¹³. Siempre debe de seguir los cuatro pasos recomendados para manejar los alimentos adecuadamente:
 - Limpiar - Lavado de las manos y los utensilios y las superficies de la cocina frecuentemente.
 - Separar - Prevenir la propagación de las bacterias.
 - Cocinar - Cocinar los alimentos hasta alcanzar una temperatura interna adecuada. Usar un termómetro de alimentos para verificar la temperatura de los mismos.
 - Enfriar - Refrigerar o congelar los alimentos dentro de un plazo de 2 horas.

Salmonelas

El tratamiento con radiación ionizante es un método efectivo para reducir o eliminar la contaminación por *Salmonella* sp en los alimentos. Su inactivación ha sido estudiada desde 1904. La eliminación de salmonela mediante radiación ionizante en carne de aves de corral, ya sea fresca o congelada o mecánicamente deshuesada, ha sido el centro de muchos estudios. Se ha comprobado que una dosis de 2-5 kGy de radiaciones gamma administradas en pollo sin vísceras eliminó la salmonela y extendió su vida útil dos a tres veces en reses almacenadas a 0-4 °C. Por otra parte, irradiando pechugas de pollo con 2,5 kGy estas quedaban libres de salmonela alcanzando una vida útil de 22 días. La sensibilidad a la radiación de *Salmonella* Typhimurium se incrementa a medida que la temperatura de la irradiación aumentaba de 0 a 54,4 °C. Las células son marcadamente más sensibles cuando la temperatura de la irradiación está por arriba de 43,4 °C.

Se observó también, un aumento en la resistencia a la radiación de la salmonela en pollos a temperaturas de supercongelación³. Una investigación encontró que al tratar piezas de pollo para la parrilla, con o sin tratamiento de sal, con una dosis de 2,5 kGy y almacenadas a 1,6 °C, se eliminaba *Salmonella* sp y se extendía su vida útil a 15 días. Por otra parte, comparando la efectividad de la irradiación sobre estas piezas antes y después de ser congeladas y almacenadas por tres meses a -18 °C, *Salmonella* sp no fue detectada luego de un mes de almacenamiento en aquellas piezas irradiadas antes de ser congeladas y luego de tres meses en aquellas irradiadas luego de ser congeladas. Se pudo comprobar que *S. Typhimurium* era más resistente a las radiaciones gamma cuando estaba en alimentos envasados al vacío que cuando había aire presente durante la radiación. Anteriormente, se creía que luego de reducir la flora normal presente en un producto, los patógenos sobrevivientes se multiplicarían más rápido de lo normal. Hay

investigaciones que comprobaron que *S. Typhimurium* podía sobrevivir luego de la radiación del pollo pero no se multiplicaba más rápidamente. Un estudio detectó que las células injuriadas por *S. Typhimurium* sobrevivientes a la radiación gamma presentes en el pollo mecánicamente deshuesado eran mucho más sensibles al calor que las células no irradiadas, lo que indica que cualquier célula sobreviviente a la irradiación es poco probable que sobreviva a la cocción. Este aumento de la sensibilidad de la salmonela a la radiación gamma se mantiene durante la refrigeración⁶.

Debido a que la radiación ionizante fue conocida como mutagénica, se realizaron numerosos estudios acerca de la posibilidad de aumentar o disminuir la virulencia de los patógenos sobrevivientes. Cuando se observó salmonela durante seis ciclos de irradiación en carne congelada, se determinó que no había cambios en la taxonomía normal, a excepción de un aumento en la sensibilidad a la irradiación. No hubo incremento en la resistencia de *S. Typhimurium* sobreviviente luego de 1, 5 ó 10 tratamientos con 5 kGy. Se concluye que a dosis lo suficientemente bajas como para mantener las características organolépticas, cualquier patógeno sobreviviente se encontrará debilitado. Numerosos estudios indican que la sensibilidad de *Salmonella* sp y otros microorganismos aumenta en las radiaciones ionizantes que se realizan en suspensiones acuosas. Así se comprobó que la resistencia a las radiaciones gamma de *S. Typhimurium* presente en pollo se incrementaba cuando la cantidad de agua disminuía o cuando se le adicionaba NaCl a la carne, disminuyendo la actividad de agua. Sin embargo, cuando se disminuía la actividad de agua mediante el agregado de sacarosa, no se observaba ningún incremento en la resistencia a la radiación, mostrando que no es la actividad de agua el factor que afecta la resistencia sino la cantidad de agua en la suspensión⁷.

Probablemente, la resistencia a la radiación varía según el sustrato, la superficie de un alimento o una suspensión acuosa. En muchos casos, las variaciones pueden ser atribuidas a la composición química de los alimentos y su capacidad de reaccionar con la radiación ionizante como un captador para radicales libres permitiendo la interacción de la radiación con los microorganismos. Thayer puso a prueba el concepto acerca de que muchas de las variaciones en la resistencia a la radiación atribuidas al sustrato, podrían ser debidas a variaciones en los factores primarios como lo son la presión de oxígeno, pH, temperatura de irradiación, estadio del crecimiento de la bacteria, cantidad de agua, aditivos alimenticios, condiciones de cultivo y los métodos utilizados para enumerar los patógenos sobrevivientes. Se concluyó que era de esperar obtener un control similar de patógenos productores de enfermedades transmitidas por alimentos en distintos tipos de carnes y aves de corral³.



Control de *Salmonella* sp en huevos

Tempranamente se reconoció que la irradiación podría ser un buen método para controlar la salmonela en el huevo entero crudo usado para la producción de huevo en polvo. En investigaciones sensoriales los individuos degustadores de los paneles de prueba no pudieron encontrar diferencia de sabor entre los huevos revueltos e irradiados (donde la salmonela había sido eliminada totalmente) y los huevos enteros frescos no irradiados. La irradiación de huevos con cáscara respecto de los huevos líquidos enteros es menos factible debido al alto contenido lipídico de la yema y a los cambios en el albumen de los huevos con cáscara. En la mayoría de los alimentos, *E. coli* es más sensible a la radiación que *Salmonella* sp, lo que podría deberse a factores antibacterianos naturales contenidos en el huevo que influyen en la resistencia de la salmonela a la radiación¹⁰.

Control de *Salmonella* sp en frutas y vegetales

La contaminación con salmonela de estos alimentos es una constante fuente de enfermedades, debido en parte, a que habitualmente son consumidos crudos. Se observó que aún con muy baja dosis de radiación se lograba incrementar la vida útil del iceberg de lechuga fresca y cortada al disminuir la población microbiana. Por otro lado, la radiación con una dosis de 2 kGy aumentó la vida útil de brotes de alfalfa a 10 días. Luego de numerosos estudios, se llegó a la conclusión de que el nivel máximo de contaminación por semilla de alfalfa y el nivel de no contaminación del lote de semillas determina la dosis de radiación requerida para inactivación. *Salmonella* sp es más sensible a las radiaciones gamma en la lechuga que en los brotes de alfalfa⁶.

Control de *Salmonella* sp en jugos

Los jugos fueron identificados como posibles fuentes de enfermedades transmitidas por alimentos y la irradiación fue investigada como un posible método de pasteurización o esterilización. La resistencia a la radiación de *Salmonella enteritidis* varió levemente en cinco jugos de naranja comerciales. Las variaciones en la cantidad de pulpa no influyeron sobre la resistencia a la radiación⁷.

Listeria monocytogenes

Varios brotes de listeriosis producidos por ingesta de alimentos crearon preocupación respecto de la presencia de *L. monocytogenes*, no sólo en la leche y el queso, sino también en carne de aves de corral, carnes rojas y comidas listas para ingerir, y en el potencial control de la misma por medio de la irradiación de alimentos. Cuando se irradiaron 32 de 64 carcasas de pollo a una dosis absorbida de 2,5 kGy, la cantidad de carcasas contaminadas con *L. mono-*

cytogenes fue menor en el caso de las aves irradiadas. Los valores de radiación para *L. monocytogenes* promedian los 0,47 kGy y no son significativamente diferentes al irradiar carne bovina, porcina, ovina, pechuga de pavo y pata de pavo envasadas al vacío a 5 °C. Respecto a la influencia de la temperatura sobre la resistencia a la irradiación, se irradiaron pasteles de carne vacuna picada congelados con bajo y alto contenido de materia grasa inoculados con *L. monocytogenes* utilizando una fuente de irradiación comercial y se encontró que los valores útiles de radiación variaban entre 0,50 y 0,61 kGy. Ni la cantidad de materia grasa ni la temperatura de irradiación influenciaron el valor kGy. Tampoco se observó un aumento de la resistencia a la radiación cuando *L. monocytogenes* era congelada y suspendida en un caldo de soya, por el contrario, la resistencia disminuyó².

Examinando la resistencia a la radiación de *L. monocytogenes* en carne bovina picada a intervalos de 5 °C para temperaturas de irradiación desde -20 °C hasta +5 °C- por medio de un irradiador de temperatura controlada, se encontró que la resistencia a la radiación se incrementaba a medida que disminuía la temperatura de irradiación. Arrhenius llevó a cabo un proyecto de tasa de reacción *versus* temperatura donde obtuvo una línea recta en la que los logs de los valores de radiación eran trazados *versus* el recíproco de la temperatura absoluta desde -5 °C a 20 °C. La supervivencia de *L. monocytogenes* siguió un patrón predecible cuando fueron irradiados a temperaturas de -60 hasta +20°C. No hubo un incremento estadísticamente significativo en la supervivencia a medida que la temperatura decreció de 20 a 0°C, pero la supervivencia se incrementó bruscamente de 0 a -20°C y algo menos de -20 a -30 °C, momento en el cual la curva se niveló. La clase de efecto se predeciría para un decrecimiento en reacciones secundarias a medida que la temperatura alcanzaba el punto en que la migración de radicales libres empezaba a ser severamente inhibida por la estructura del hielo. Se ha detectado supervivencia significativamente incrementada de *L. monocytogenes* cuando se irradiaba a temperaturas criogénicas (hielo seco). Los resultados obtenidos sugieren que *L. monocytogenes* sobreviviente luego de la irradiación en alimentos que van a ser re-calentados, se encuentra debilitada y sería más fácil de inactivar¹².

Un estudio detectó que con una dosis de 2,6 kGy de radiación ionizante aplicada a un queso camembert hecho con leche cruda e inoculado con una cepa de *L. monocytogenes*, ésta podía ser completamente destruida sin alterar las características organolépticas del queso. En otro estudio, en el cual se investigó productos alimenticios con bajo contenido bacteriano para personas inmunosuprimidas, se descubrió que muchos de los productos lácteos habían perdido su sabor debido a los procesos de esterilización aplicados. Se determinó que los valores D



para *L. monocytogenes* a -78°C eran de 1,4 y 2,0 kGy en queso muzzarella y en el helado, respectivamente, sin cambios en su sabor. Sin embargo, se observó que un tratamiento que combinaba el envasado al vacío y luego la cocción del pollo hasta una temperatura interna de $65,6^{\circ}\text{C}$, tenía poco efecto sobre la supervivencia de *L. monocytogenes*, pero si luego del envasado al vacío se lo irradiaba con una dosis de 2,9 kGy, el patógeno era indetectable durante ocho semanas de almacenamiento a 2°C , probablemente porque la irradiación extendía la fase estacionaria de crecimiento de *L. monocytogenes*. Se detectó que en carne de aves de corral cocida y a 6°C , la fase estacionaria era de sólo un día en las muestras no irradiadas y de 18 días en las muestras irradiadas con una dosis de 2,5 kGy¹³.

Se investigó la irradiación como método posible para la inactivación de *L. monocytogenes* que pudiera contaminar sándwiches de jamón y queso comerciales que son vendidos en forma congelada. Se inocularon las fetas de jamón congeladas con *L. monocytogenes*. Se volvieron a precintar los envases y recongelaron los sándwiches antes de determinar el valor D. Los efectos sensoriales de la irradiación fueron determinados mediante sándwiches no inoculados. A una temperatura de irradiación de -40°C , los valores D variaban entre 0,71 y 0,81 kGy. Los panelistas sensoriales pudieron identificar los sándwiches irradiados pero no estaban todos de acuerdo en si la irradiación había afectado la calidad en forma adversa. La irradiación de salchichas de viena ("vienesas") es un buen método para controlar la contaminación con *L. monocytogenes* y lo es, también, para los casos de recontaminación de las mismas estando envasadas. Se determinaron los valores D para la inactivación de *L. monocytogenes* en la superficie de varias clases y marcas comerciales de salchichas de viena y se encontró que los valores D variaban entre 0,49 y 0,71 kGy¹⁴.

La composición del producto influye sobre la resistencia a la radiación; los valores D mayores tienden a estar asociados con salchichas de viena hechas con mezcla de carnes y de aves de corral. El valor D de *L. monocytogenes* es inversamente proporcional a la concentración de ácido cítrico en la que son sumergidas las salchichas de viena antes de ser envasadas². Respecto a los vegetales, éstos han sido una importante fuente para la transmisión de listeriosis ya que ofrecen un excelente ambiente para el desarrollo de *L. monocytogenes*. La irradiación de los mismos también es un método apropiado para controlar este patógeno y, a su vez, extender la vida útil del alimento. Se investigó su inactivación en pimientos tipo Cut Bell y zanahorias enfriadas y se encontró que a muy bajas dosis de radiación ionizante se eliminaba el agente patógeno y extendía la vida útil; también se comprobó que *L. monocytogenes* se multiplicaba rápidamente en los pimientos no irradiados⁶.

Campylobacter sp

En 1996, los datos de laboratorio confirmaban que 46% de los casos de gastroenteritis bacteriana se debían a campilobacteriosis, según reportó el CDC de E.U.A. Las principales fuentes de la infección humana por *Campylobacter jejuni* son las carnes de aves de corral, carnes rojas y la leche cruda. Hay estudios que sugieren que las dosis utilizadas para eliminar salmonela y listeria, también eliminan *Campylobacter* sp. La evidencia disponible indica que la irradiación de alimentos es un excelente método para el control de este agente patógeno¹.

Escherichia coli

La irradiación de alimentos también se aplica para la inactivación de *E. coli*. Hay variaciones en la resistencia a la radiación de *E. coli* que dependen del ciclo de desarrollo de la bacteria. Se investigó la inactivación de *E. coli* K12 a través de la radiación del pollo ultracongelado. Se estudió la sensibilidad de *E. coli* O157:H7 irradiando pollo esterilizado deshuesado mecánicamente y picadillo esterilizado. Se encontró un efecto muy significativo de la temperatura de la irradiación en la inactivación de *E. coli* O157:H7, indicando que con una dosis de 1,5 kGy se eliminan 5,36 logs a 5°C y sólo 4,64 logs a -20°C . La contaminación con *E. coli* no sólo se limita a las carnes y las investigaciones han establecido que la radiación ionizante puede ser un tratamiento efectivo para su eliminación de jugos de frutas, vegetales y semillas usadas en la producción de alimentos germinados. Se descubrió que los valores de radiación para tres aislados de *E. coli* O157:H7 presentes en jugo de manzana, aumentaban cuando las células se adaptaban al ácido o cuando había un elevado contenido de sólidos en la sidra. Se determinó que la dosis de una radiación ionizante de 3,55 kGy a 5°C para el control de *Salmonella* sp daba como resultado una pérdida de 16,6% del ácido ascórbico en el jugo de naranja. Sin embargo, estas pérdidas podían ser reducidas al agregar nitrógeno y luego congelar el producto antes de la irradiación¹.

Un estudio pudo establecer que los valores D de 0,26-0,34 kGy a una temperatura de irradiación de 19°C son suficientes para la inactivación de *E. coli* O157:H7 en alfalfa inoculada, brócoli, y brotes de rábanos, dosis muy similares a aquellas observadas para su inactivación en carnes. El total de ácido ascórbico en brotes irradiados de alfalfa fue medido en los días 1, 7 y 14 de almacenamiento, luego de una dosis de irradiación de 0-2,57 kGy a 5°C y se encontró que era levemente superior en los brotes irradiados con la máxima dosis que en los controles no irradiados¹⁵.

Desafortunadamente, con la excepción de productores comerciales muy grandes, la mayoría de los brotes son



cultivados por empresas relativamente pequeñas con cantidades insuficientes como para que la irradiación sea un paso práctico en su plan de HACCP (los productores de brotes son considerados por la FDA como procesadores de alimentos, no como agricultores). Esto hace que sea una mejor alternativa tratar la semilla en vez de los brotes; lo cual también mantiene a los patógenos fuera de las instalaciones donde se procesan los alimentos. Sin embargo, existe una limitación para la irradiación de semillas ya que un tratamiento demasiado riguroso puede hacer que decrezcan los brotes o el rendimiento de los brotes por gramo de semilla. No hay una respuesta única al problema, pues las semillas varían mucho en cuanto a su sensibilidad a la radiación ionizante¹⁶.

Se ha encontrado que los brotes de alfalfa cultivados a partir de semillas irradiadas tenían mayores cantidades de anti-oxidantes, incluido el ácido ascórbico, que aquellos cultivados a partir de semillas no irradiadas, aún después que las mismas hubiesen sido almacenadas durante 21 días a 7 °C. Cuando se compararon tratamientos químicos y de irradiación para destruir *E. coli* O157:H7 en semillas de alfalfa, rábanos y habas, se llegó a la conclusión que solamente una dosis de irradiación de 2,0 kGy, en combinación con calor seco, lo eliminaba completamente de las semillas de alfalfa y de las habas, pero que era necesario una dosis de 2,5 kGy para eliminar los patógenos de las semillas de rábanos. Se investigó la sensibilidad a la radiación de un aislado de *E. coli* O157:H7 que produjo un brote en cuatro tipos de lechuga y se encontraron diferencias significativas dependiendo del tipo de lechuga².

Vibrio sp

La posibilidad de inactivar *V. cholerae* mediante la utilización de la radiación ionizante fue reconocida y puesta a prueba por Green en 1904. La especie *V. vulnificus* demostró ser resistente a distintos métodos que han logrado eliminar otros tipos de vibrios presentes en bivalvos. Se encontró que una dosis de radiación entre 1,0 y 0,5 kGy eliminaba *V. cholerae* presente en patas de rana entre -20 y 4°C, respectivamente. Se estableció que la irradiación de ostras frescas a 40°C inactivaba con mayor efectividad *V. vulnificus* que la cocción o la irradiación a temperaturas de refrigeración. A su vez, pudo descubrirse que *V. parahemolyticus* era más sensible a la radiación luego de haber sido expuesto al calor. Todos los resultados indican que la irradiación es un método efectivo para la eliminación de distintos tipos de vibrio presentes en alimentos⁴.

Yersinia sp

Se estudiaron dos aislados de *Y. enterocolitica* presente en carne de cerdo envasada en presencia de aire y enva-

sada en atmósfera modificada. La atmósfera modificada incrementó la resistencia a la radiación de uno de los aislados significativamente. La resistencia a la radiación, según la célula estuviese en fase estacionaria o fase de crecimiento logarítmico (log), no se vio modificada significativamente. La presencia de *Y. enterocolitica* inoculada sobre carne picada no pudo ser detectada luego de una dosis de radiación de 2,0 kGy. Se estableció que cualquier *Y. enterocolitica* que pudiese sobrevivir a una baja dosis de irradiación tendría un alta probabilidad de ser menos virulenta debido a la pérdida del plásmido virulento como resultado del tratamiento, aunque probablemente la presencia o no de este plásmido no afecte la resistencia a la radiación⁸.

Staphylococcus sp

Staphylococcus aureus fue la primera bacteria en ser descubierta como sensible a la radiación proveniente del radio, por Green en 1904 y Chambers y Russ en 1912. Se midieron los valores D para la inactivación de células en fase estacionaria y fase log de *S. aureus* ATCC 13565 inoculadas sobre pollo mecánicamente deshuesado, esterilizado e irradiado a 0 °C. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas entre las muestras envasadas en presencia de aire y las muestras envasadas al vacío. Se efectuó un estudio en el cual se irradiaron muestras de pollo mecánicamente deshuesado esterilizado y envasado al vacío, con dosis de 0 a 3,0 kGy a 0° C. Un grupo de muestras fue analizado inmediatamente luego de la irradiación y un segundo grupo fue colocado a 35 °C durante 20 horas antes de ser analizado. En las muestras inmediatamente analizadas no se detectó *S. aureus* en aquellas que fueron tratadas con una dosis de 1,5 kGy o mayor. En las muestras que fueron colocadas a 35 °C por 20 horas, las muestras no irradiadas y las que fueron tratadas con una dosis de 0,75 kGy aún contenían *S. aureus*, aunque la toxina sólo fue encontrada en las muestras que no fueron irradiadas, lo cual demuestra en forma definitiva que la irradiación previene la toxi-infección alimentaria estafilocócica. Se encontró un aumento significativo en la supervivencia de *S. aureus* presente en las muestras congeladas².

Cuando se puso a prueba la hipótesis que decía que la resistencia a la radiación de *S. aureus* era específica de la carne en la cual la bacteria fuera irradiada, los valores D obtenidos para la inactivación de *S. aureus* inoculado sobre carne esterilizada e irradiada a 5 °C fueron similares para la carne vacuna, cordero, cerdo y para pechuga y patas de pavo. Asimismo el valor D para la inactivación de *S. aureus* en sándwiches de jamón y queso listos para el consumo, que fue de 0,63 kGy. Se concluye que la irradiación es un buen método para la conservación de este tipo de productos⁷.



Bacillus cereus

Las esporas de *B. cereus* son mucho más resistentes a la radiación ionizante que las células vegetativas, requiriendo mayor cuidado en el diseño y evaluación de los experimentos y la aplicación de tecnología, especialmente si se quieren elaborar productos estables durante su almacenamiento. Green, en 1904, fue quien comenzó a investigar la resistencia a la radiación de las esporas de las distintas especies de *Bacillus*. Se descubrió que el medio en el cual se formaban las esporas influía en su resistencia a la radiación y que, algunas de las diferencias observadas, se relacionaban con variaciones en el Mn^{++} y Ca^{++} presentes en el medio. Se detectó que la resistencia a la radiación de las esporas de *B. cereus* estaba directamente relacionada con el contenido de la spora. Se estableció que las esporas de *B. cereus* eran más sensibles al NaCl cuando eran irradiadas y expuestas al calor. A su vez, las esporas de *B. cereus* eran más resistentes a la radiación a temperatura ambiente que a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se observó que la resistencia a la radiación de las células vegetativas era mayor a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ que a $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. De todas formas, el efecto de la temperatura en la resistencia a la radiación de las esporas es muy pequeño¹⁷.

Clostridium sp

Generalmente, las esporas de clostridios son muy resistentes a la radiación ionizante y, para establecer una inactivación de *C. botulinum* se requieren dosis muy altas. Debido a que la toxina botulínica se produce en productos envasados al vacío que son almacenados a temperatura ambiente, la mínima dosis recomendada para la esterilización de carnes rojas, carne de aves de corral y pescados es de 45 kGy. Para la inactivación de las neurotoxinas botulínicas sería recomendable la combinación de tratamientos⁴.

Parásitos

La incidencia de enfermedades parasitarias y protozoarias transmitidas por alimentos continúa siendo un importante problema mundial. El proceso de irradiar alimentos podría ser una gran contribución en el control de estas enfermedades. Aunque no haya una aprobación explícita para la regulación de los alimentos irradiados para el control o inactivación de protozoos, sí se han publicado varios estudios que sugieren que muchos podrían ser inactivados en los alimentos aplicando tratamientos con bajas dosis de radiación ionizante. Algunos de ellos son: *Entamoeba histolytica*, *T. spiralis*, *Toxoplasma gondii*, *Cyclospora* y *Cryptosporidium*. La carne de cerdo

contaminada con *T. spiralis* podría ser segura para su consumo luego de una baja dosis de irradiación. Se halló que una dosis de 0,15 kGy de radiación gamma evitaba el desarrollo larval en el intestino pero no mataba la larva en su primer estadio. La información obtenida en este estudio fue utilizada por la FDA para aprobar la irradiación de reses de cerdo y cortes de cerdo frescos para el control de *T. spiralis* con una dosis de 0,30 kGy¹⁸.

La irradiación no convierte los alimentos en radioactivos

Cuando se irradia los alimentos, la energía pasa a través de la comida igual que la luz por una ventana. Durante este proceso, el alimento no se calienta, como ocurre cuando se somete a microondas, ni retiene radiación. Durante la irradiación, los alimentos se mueven a través de un campo energético, pero nunca tocan la fuente de energía. La cantidad de energía y el tipo de radiación utilizada para irradiar alimentos es suficiente para matar bacterias alimentarias, pero no para hacer que los alimentos se vuelvan radiactivos. La irradiación destruye muchas, pero no todas las bacterias que posiblemente hay en la comida. Los niveles de radiación y el tipo de fuente de radiación que se usan para el procesamiento de los alimentos simplemente no son lo suficientemente elevados como para activarlos; en consecuencia, el proceso no convierte los alimentos en radioactivos en forma significativa¹⁹.

La irradiación es segura y eficaz

Esta tecnología se ha usado por más de 40 años, sin haber sido asociada con algún riesgo para la salud de los consumidores. En todo el mundo, 41 países han aprobado la irradiación para procesar los mismos. Se han realizado cientos de estudios sobre la irradiación de los alimentos. Este proceso se ha estudiado mucho más a fondo que hábitos tan comunes como cocinar, enlatar o congelar. Un amplio espectro de grupos científicos y agencias gubernamentales han apoyado la irradiación de los alimentos, entre otros el Departamento de Salud y Servicios Humanos de E.U.A. (U.S. Department of Health and Human Services), el Servicio de Salud Pública de E.U.A. (U.S. Public Health Service), la Asociación Médica Americana (American Medical Association), la Asociación de Departamentos Estatales de Agricultura (Association of State Departments of Agriculture), la Asociación de Dietética Americana (American Dietetic Association), el Instituto de Tecnología de los Alimentos (Institute of Food Technologists) y la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization). La FDA ha aprobado su uso en una amplia variedad de productos alimenticios²⁰.



Los alimentos irradiados también deben manipularse con seguridad

La irradiación no es una “bala mágica”. Simplemente es una herramienta importante para proteger la seguridad de los alimentos. Pero no deshabilita continuar con las medidas habituales de manipulación de alimentos. Los consumidores todavía deben tener cuidado al manipularlos, lavarse las manos, limpiar las superficies en las que se va a preparar la comida, separar la comida para evitar la contaminación cruzada, cocinar los alimentos hasta alcanzar una temperatura que sea segura, refrigerar y guardar los alimentos de manera adecuada. De lo contrario, los microorganismos que provocan enfermedades pueden volver a contaminar los alimentos, multiplicarse y causar infecciones y brotes epidémicos⁹.

Los consumidores utilizan productos irradiados todos los días

La irradiación se usa para esterilizar productos médicos tales como jeringas y guantes quirúrgicos. También se usa para destruir las bacterias de los cosméticos, esterilizar corchos para el vino y purificar la lana. Se usa en algunos tampones y toallas sanitarias, chupetes y soluciones para lentes de contacto¹⁰.

Alimentos irradiados en Estados Unidos de Norteamérica

Los alimentos irradiados han estado disponibles en algunos supermercados americanos durante unos seis años. Ahora se venden al menos una docena de alimentos irradiados, incluyendo carne molida, frutas y especias. Por ley, los alimentos que han sido irradiados deben estar marcados con el logotipo especial, y etiquetados con las palabras “tratado con radiación” o “tratado por irradiación”. Las especias irradiadas no necesitan ser etiquetadas si se usan como ingredientes en otros productos²¹.

Alimentos irradiados en Europa

Bélgica: Papa, cebolla, ajo, ancas de rana y gambas (crustáceo de aguas profundas) congeladas.

Francia: Hierbas aromáticas, cebolla, ajo, hortalizas secas, frutos secos, cereales, harina de arroz, goma arábiga, aves, pollo, ancas de rana, sangre, gambas congeladas, clara de huevo y caseína.

Italia: Papa, cebolla y ajo.

Holanda: Legumbres, hortalizas secas, frutos secos, cereales, goma arábiga, pollo, ancas de rana, gambas y clara de huevo.

Reino Unido: Papa, cebolla, ajo, hortalizas, fruta, cereales, aves de corral, pescados y mariscos⁷.

Experiencia Argentina en irradiación de alimentos

En Argentina, se realizan las siguientes actividades relacionadas a los alimentos irradiados, a saber:

- Investigación y desarrollo.
- Servicio de irradiación industrial.
- Asesoramiento a productores e industria alimentaria.
- Docencia-formación de recursos humanos.
- Representación ante entes reguladores y normativos nacionales: Comisión Nacional de Alimentos (CONAL)-Punto Focal Codex Alimentarius- Instituto Nacional de Racionalización (IRAM).
- Representación por Argentina ante el Grupo Consultivo Internacional de Irradiación de Alimentos (ICGFI).

El Código Alimentario Argentino (Ley 18284/69, Decreto 2126/71) autoriza la utilización de la irradiación en nueve productos, a saber: papas, cebollas, ajos, frutillas, frutas secas, hongos, espárragos, frutas y vegetales desecados o deshidratados, y especias y condimentos vegetales. Se han presentado para su estudio los tratamientos para carne vacuna, de aves, y de cerdo, productos de mar, granos, frutas y vegetales frescos y huevos. La aplicación industrial alcanza a 700 toneladas/año. Existen dos instalaciones que brindan este tipo de servicios: el Centro Atómico Ezeiza (oeste de la ciudad de Buenos Aires), que funciona desde 1970 y procesa actualmente el 10% de los alimentos tratados a nivel nacional, y la empresa IONICS S.A., que funciona desde 1989 en la zona norte de Buenos Aires (General Pacheco) y procesa el 90% restante. Los productos irradiados de Argentina se destinan tanto al mercado local como a la exportación. Entre los productos tratados se destacan especias, cacao en polvo, suero bovino e hígado desecado, huevo desecado o congelado, vegetales deshidratados, extractos de carne, polen, y harinas de soya. Los alimentos irradiados y aquellos que contengan componentes irradiados en una proporción que exceda el 10% del peso total y se expendan envasados deben rotularse con una leyenda que indique “Alimento tratado con energía ionizante” o “Contiene componentes tratados con energía ionizante” respectivamente, con caracteres no menor del 30% de los que indican la denominación del producto. Debe utilizarse además el logotipo recomendado por el Comité de Etiquetado de Alimentos del Codex Alimentarius, e indicarse la instalación industrial donde ha sido procesado el alimento, la fecha de tratamiento y la identificación del lote. La legislación establece además un código de prácticas para el funcionamiento de instalaciones de irradiación de alimentos destinados al consumo humano. Cabe destacar que la legislación a nivel MERCOSUR aún no se encuentra armonizada entre los países miembros.

Al analizar las exportaciones argentinas de alimentos, de inmediato se puede apreciar, la importancia de los



envíos de granos, carnes, productos de pesca, frutas y jugos. En estos productos, la irradiación puede contribuir a prolongar su período de conservación, alcanzar las más exigentes condiciones higiénico-sanitarias internacionales y evitar rechazos para poder acceder en forma adecuada a nuevos mercados. Las oportunidades de utilización a gran escala de esta tecnología en Argentina, podrán potenciarse aún más en los próximos años, debidos a los cambios en los hábitos de consumo, a las mayores exigencias de calidad y al creciente cuestionamiento de los productos químicos como conservantes.

Dentro de los obstáculos que tenemos en Argentina para el crecimiento de la industria de alimentos irradiados se mencionan:

- Situación económica nacional.
- Falta de financiación para construir instalaciones.
- Gran inversión asociada con la construcción de una instalación de irradiación.
- Las instalaciones son pocas, concentradas alrededor de Buenos Aires, tipo “multipropósito” y no específicas para irradiar alimentos.

Sobre la industria alimentaria se evidencia:

- Insuficiente marco legal.
- Temor a la reacción del consumidor por la obligación de rotular como “irradiado”.
- Costo adicional de irradiación.
- Costo y dificultades derivados del transporte desde el lugar de producción hasta los establecimientos dedicados a la irradiación.
- Industria nacional comprada por multinacionales, que sólo toman decisiones desde sus casas matrices.

Desde los consumidores se advierte sobre la poca conciencia sobre la necesidad de salubridad alimentaria. En la Argentina, se han llevado adelante investigaciones sobre los alimentos irradiados. Un acuerdo entre la Comisión Nacional de Energía Atómica (Buenos Aires) y la Agencia Internacional de Energía Atómica (Viena) permitió la realización de una investigación en el hospital escuela de la Universidad de Buenos Aires. Durante un período de dos años, se evaluaron pacientes internados, inmunocomprometidos, con el objetivo de valorar sensorialmente un almuerzo completo irradiado (incluyendo el mismo verduras y frutas crudas), obteniéndose resultados muy alentadores. Se logró la reducción significativa en patógenos no esporulados: *Listeria* sp, *Salmonella* sp y *Staphylococcus* sp; buena aceptación sensorial en panel de sanos y excelente aceptación sensorial en los 44 pacientes incluidos (25% oncológicos, 11% neutropénicos, 16% con corticoterapia, etc)²².

La irradiación mejora la calidad de la alimentación, brindando la posibilidad de que pacientes inmunocomprometidos puedan diversificarla, con seguridad microbiológica y mínimas alteraciones nutricionales y

sensoriales. Esto es válido para la población general, de consumidores sanos, si bien es necesario el avance de aspectos legales y regulatorios por parte de grupos que trabajan sobre ello. La satisfacción de los consumidores más exigentes requiere una solución particular para cada problema de conservación. La irradiación se presenta como una herramienta interesante para contribuir a evitar la gran incidencia de las ETAs y las millonarias pérdidas de productos alimenticios que año a año se producen mundialmente.

La radiación de los alimentos en Chile

Chile es uno de los países que, como Los Países Bajos, Bélgica, Sudáfrica y Hungría, entre otros, tiene plantas de irradiación multipropósito que están operando comercialmente, dedicadas a la esterilización de productos médicos desechables y también de algunos alimentos. La aplicación de la radiación ionizante como método de preservación de alimentos comienza en Chile a fines de 1982, cuando el Ministerio de Salud autoriza a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) a usar la energía ionizante como un método más de preservación de alimentos. Se aplica desde entonces esta tecnología a nivel semi-comercial en productos como papas, especias y otros. En la Planta de Irradiación Multipropósito del Centro Nuclear Lo Aguirre, de la CCHEN, ubicado en el kilómetro 20 de la ruta 68, camino a Valparaíso, se irradian hierbas, productos del mar congelados como camarones y langostinos, cebolla deshidratada, materias primas para productos farmacológicos, productos terminados de cosmética, pulpa de fruta, espárragos, tomates, especias y condimentos como orégano, comino, pimiento, paprika, ají, pimentón, entre otros. La dotación de la Antártica utiliza, hace tiempo ya, papas y cebollas irradiadas, las que con esta aplicación aumentan su durabilidad. También existe otro reactor en la Comuna de La Reina, donde se produce una cantidad importante de los radiofármacos y de los radioisótopos que se usan en el país. En el año 2003 surge la Compañía Chilena de Esterilización (CCE), perteneciente en 50% a Fundación Chile y en el otro 50% a la Compañía Brasileña de Esterilización (CBE). En su primera etapa se concentrará en desarrollar la demanda por la tecnología de irradiación de alimentos, aumentando la capacidad de la actual planta de la CCHEN en Lo Aguirre y considerando en una segunda etapa la construcción de una planta de escala industrial²³.

Rol del nutricionista y de otros profesionales de la salud

Según la Asociación Americana de Dietistas, los profesionales nutricionistas tienen la responsabilidad de educar a los consumidores acerca de las cuestiones alimentarias



y nutricionales, incluyendo tecnologías tales como la irradiación de alimentos²⁴. Como apoyo de la población en cuestiones alimentarias y nutricionales, los nutricionistas están en una única posición para monitorear el progreso y la implementación de la tecnología de irradiación de alimentos. Los nutricionistas deberían prestar apoyo para la disponibilidad de alimentos irradiados en los supermercados, especialmente para aquellos consumidores considerados de alto riesgo a infecciones, particularmente susceptibles a patógenos que provocan enfermedades de origen alimentario. Esto incluye bebés, ancianos, adultos e inmunocomprometidos. Las mujeres embarazadas y sus fetos se beneficiarían de los alimentos irradiados por su riesgo específico a *L. monocytogenes*.

Adicionalmente, personas de todas las edades con enfermedades con inmunodeficiencia (como el SIDA) y también aquellas terapias que deprimen el sistema inmune (como la quimioterapia) se beneficiarían con alimentos libres de bacterias dañinas. Los nutricionistas quienes manejan las operaciones de un servicio de alimentación, pueden usar los alimentos irradiados en la implementación de un sistema HACCP. Actualmente, se necesita la expansión de la educación a la población y a vendedores al por menor de alimentos, acerca de aquellos irradiados. Los programas educacionales, en donde los nutricionistas trabajan como representantes de la industria alimentaria, deberían ofrecer la información exacta acerca de la irradiación para la población. Si bien la seguridad y eficacia de la irradiación están bien establecidas, es apropiada la búsqueda continua sobre la capacidad de la irradiación en destruir nuevos y emergentes patógenos microbiológicos⁸.

Con la actual demanda de alimentos de alta calidad los investigadores deberían evaluar el efecto de irradiación en combinación con otros métodos de procesamiento para aumentar la seguridad de alimentos mínimamente procesados o extender la calidad y la vida en anaquel de la producción de cortes frescos. En una época donde aumenta la preocupación acerca de la seguridad alimentaria, los consumidores deben entender a través de la educación, que la irradiación es un método que aumenta la seguridad alimentaria⁹.

Conclusiones

Esta tecnología ofrece una forma segura y versátil de obtener alimentos de buena calidad y seguros. El etiquetado claro de los alimentos irradiados ofrece a los consumidores la posibilidad de decidir si quieren o no adquirir estos productos. La irradiación es uno de los métodos de procesamiento de alimentos que se han estudiado de forma más extensa y estricta; sin embargo, su uso sigue siendo polémico en gran parte de Europa. Si bien la opinión de los consumidores es a menudo contraria a esta técnica,

la comunidad científica y, los organismos como la OMS y la FAO apoyan su uso. En todo el mundo, más de 41 países han aprobado el uso de la irradiación de alimentos para más de 60 productos alimentarios. La inocuidad es el factor más importante, y está bien establecida (*de hecho hay acuerdo unánime entre la comunidad científica*); sin embargo, de vez en cuando hay preguntas. En la Unión Europea hay variedad de alimentos autorizados para su irradiación y en España está limitado a hierbas aromáticas secas, especias y condimentos vegetales²⁵.

En vistas de que cada vez preocupa más la inocuidad microbiológica de los alimentos, es muy importante que los consumidores estén cómodos con los estudios y procesos que han determinado las conclusiones sobre la inocuidad y salubridad de alimentos irradiados. Es importante destacar que de 1.200 trabajos publicados no hay ningún estudio científico consistente y reproducible que demuestre o sugiera *que el consumo de un alimento irradiado represente algún aumento de riesgo al consumidor*. La falta de información sobre la tecnología que implica y sus beneficios ha provocado confusiones y malentendidos, y ha limitado la adopción de este procedimiento en toda Europa²⁶. Es necesario desmentir los errores generalizados sobre la irradiación, especialmente la idea de que los alimentos se tornan radioactivos, ofreciendo a los consumidores información fidedigna basada en estudios científicos para que puedan elegir con conocimiento²⁷.

A partir del análisis del rico caudal de datos científicos de unas 500 referencias de publicaciones especializadas, se concluye que los alimentos irradiados con cualquier dosis adecuada para conseguir el objetivo tecnológico previsto, son inocuos para el consumo y adecuados desde un punto de vista nutricional²⁸. No es necesario establecer un límite de dosis superior y los alimentos irradiados se consideran saludables en todo el intervalo de dosis tecnológicamente útil, desde menos de 10 kGy hasta las dosis previstas mayores de 10 kGy²⁹.

A modo de ejemplo, *E. coli* 0157: H7 puede causar la muerte, la carne irradiada no³⁰. Los riesgos de la irradiación de los alimentos son desconocidos simplemente porque después de cuatro decenios de investigaciones los científicos no han encontrado ninguno. Este es un argumento de suficiente peso contra los riesgos conocidos de contraer una enfermedad bacteriana transmitida por alimentos³¹.

Agradecimientos: a Madelaine Hahn, Aston University, Birmingham, UK, por la revisión crítica del manuscrito.

Resumen

Tolerancia cero a la contaminación bacteriana implica considerar la inclusión de “la radiación a la mesa”. La irradiación es uno de los métodos de procesamiento de



alimentos que se han estudiado de forma más extensa y estricta; sin embargo, su aplicación sigue siendo materia de discusión. Incluso si la inocuidad está bien establecida (hay acuerdo unánime entre la comunidad científica), de vez en cuando surgen preguntas de los consumidores. Es importante destacar que no hay ningún estudio científico consistente y reproducible, que demuestre o sugiera que el consumo de un alimento irradiado podría suponer un riesgo para la salud de los consumidores. Creemos que esta revisión es un aporte importante al conocimiento. Es necesario desmentir los errores generalizados sobre la irradiación, especialmente la idea de que los alimentos se tornan radioactivos. Se analizó una cantidad considerable

de investigaciones científicas difundidas en publicaciones especializadas. De ellas surge que los alimentos irradiados con la dosis necesaria para alcanzar el objetivo microbiológico deseado, se consideran inocuos y saludables para el consumo y adecuados desde un punto de vista nutricional. Para ser más claros, nadie pondría en duda que *Escherichia coli* 0157: H7 puede causar la muerte, la carne irradiada no. En definitiva, los riesgos de la irradiación de los alimentos son desconocidos, simplemente porque después de cuatro décadas de investigaciones, no se ha encontrado ninguno. Este es un argumento de suficiente peso, contra los riesgos conocidos de contraer una enfermedad bacteriana transmitida por alimentos.

Referencias

- 1.- Crawford L M. Challenges and opportunities for food irradiation in the 21st century. In: Loaharanu P, Thomas P, eds. Irradiation for food safety and quality. Lancaster, Pa.: Technomic Publishing, 2001.
- 2.- Mead P S, Slutsker L, Dietz V, McCaig L F, Bresee J S, Shapiro C, et al. Food-related illness and death in the United States. *Emerg Infect Dis* 1999; 5: 607-25.
- 3.- Loaharanu P. Irradiated foods. 5th ed. rev. New York: American Council on Science and Health, 2003.
- 4.- Diehl J F. Safety of irradiated foods. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1995.
- 5.- Satin M. Food irradiation: a guidebook. 2nd ed. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1996.
- 6.- Dickson J S. Radiation inactivation of microorganisms. In: Molins RA, ed. Food irradiation: principles and applications. New York: John Wiley, 2001.
- 7.- Molins R A. Irradiation of meats and poultry. In: Molins R A, ed. Food irradiation: principles and applications. New York: John Wiley, 2001: 131-92.
- 8.- Josephson E S. An historical review of food irradiation. *J Food Saf* 1983; 5: 161-89.
- 9.- Farkas J. Irradiation as a method for decontaminating food: a review. *Int J Food Microbiol* 1998; 44: 189-204.
- 10.- Diehl J F. Food irradiation-past, present and future. *Radiat Phys Chem* 2002; 63: 211-5.
- 11.- Tauxe R V. Food safety and irradiation: protecting the public from foodborne infections. *Emerg Infect Dis* 2001; 7: Suppl: 516-21.
- 12.- Thayer D W, Christopher J P, Campbell L A, et al. Toxicology studies of irradiation-sterilized chicken. *J Food Prot* 1987; 50: 278-88.
- 13.- Molins R A, Motarjemi Y, Käsferstein F K. Irradiation: a critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods. *Food Contr* 2001; 12: 347-56.
- 14.- de Bruyn I N. The application of high dose food irradiation in South Africa. *Radiat Phys Chem* 2000; 57: 223-5.
- 15.- Giddings G. Commercial food irradiation in the United States. *Radiat Phys Chem* 1996; 48: 364-5.
- 16.- Andrews L S, Ahmedna M, Grodner R M, Liuzzo J A, Murano P S, Murano E A, et al. Food preservation using ionizing radiation. *Rev Environ Contam Toxicol* 1998; 154: 1-53.
- 17.- Wheeler T L, Shackelford S D, Koohmaraie M. Trained sensory panel and consumer evaluation of the effects of gamma irradiation on palatability of vacuum-packaged frozen ground beef patties. *J Anim Sci* 1999; 77: 3219-24.
- 18.- Raul F, Gossé F, Delincée H, Hartnig A, Marchioni E, Miesch M, et al. Food-borne radiolytic compounds (2-alkylcyclobutanones) may promote experimental colon carcinogenesis. *Nutr Cancer* 2002; 44: 189-91.
- 19.- Barna J. Compilation of bioassay data on the wholesomeness of irradiated food items. *Acta Aliment* 1979; 8: 205-315.
- 20.- Sommers C H. 2-Dodecylcyclobutanone does not induce mutations in the *Escherichia coli* tryptophan reverse mutation assay. *J Agric Food Chem* 2003; 51: 6367-70.
- 21.- Narvaiz P, Ladomery L. Estimation of the effect of food irradiation on total dietary intake of vitamins as compared with dietary allowances: study for Argentina. *Radiat Phys Chem* 1996; 48: 360-1.
- 22.- Veronesi P, Narvaiz P, Cossani E, Lound L, Gasparovic A. Comidas nutritivas y seguras microbiológicamente, tratadas por irradiación gamma, para pacientes inmunocomprometidos. *DIAETA*, 2004; 109: 8-34.
- 23.- SERNAC. Febrero 2004. Servicio Nacional del Consumidor. "Irradiación de Alimentos. Información al consumidor sobre el significado del tratamiento con energía ionizante". (Online.) <http://www.sernac.cl/download.php?id=892&n=2>. (accedido 15 de junio de 2009).
- 24.- Wood O B, Bruhn C M. Position of the American Dietetic Association: food irradiation. *J Am Diet Assoc* 2000; 100: 246-53.
- 25.- World Health Organization. Safety and nutritional adequacy of irradiated food. WHO, Geneva, 1994.
- 26.- Osterholm M T, Potter M E. Irradiation pasteurization of solid foods; taking food safety to the next level. *Emerg Infect Dis* 1997; 3: 575-7.
- 27.- World Health Organization. High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10kGy. Technical Report Series No. 890, WHO, Geneva, 1999.
- 28.- Lee P R. Assistant Secretary for Health. Irradiation to prevent foodborne illness (Editorial). *JAMA* 1994; 272: 261.
- 29.- Radomyski T, Murano E A, Olson D G, Murano P S. Elimination of pathogens of significance in food by low-dose irradiation: A review. *J Food Protection* 1994; 57: 73-86.
- 30.- Mussman H C. Potentials of cold pasteurization for the safety of foods of animal origin. *J Am Vet Med Assoc* 1996; 209: 2057-8.
- 31.- Webb T, Lang T, Tucker C. Food Irradiation: Who wants it? Thorsons Publishing Group: Inglaterra, 1987.