La aplicación de irradiación puede reducir de manera muy efectiva la incidencia de enfermedades alimentarias asociadas a la existencia de patógenos en los alimentos

La irradiación como tratamiento poscosecha

Mª JOSÉ ROCA, LUIS ALMELA
Dpto. de Química Agrícola, Geología y Edafología. Universidad de Murcia.

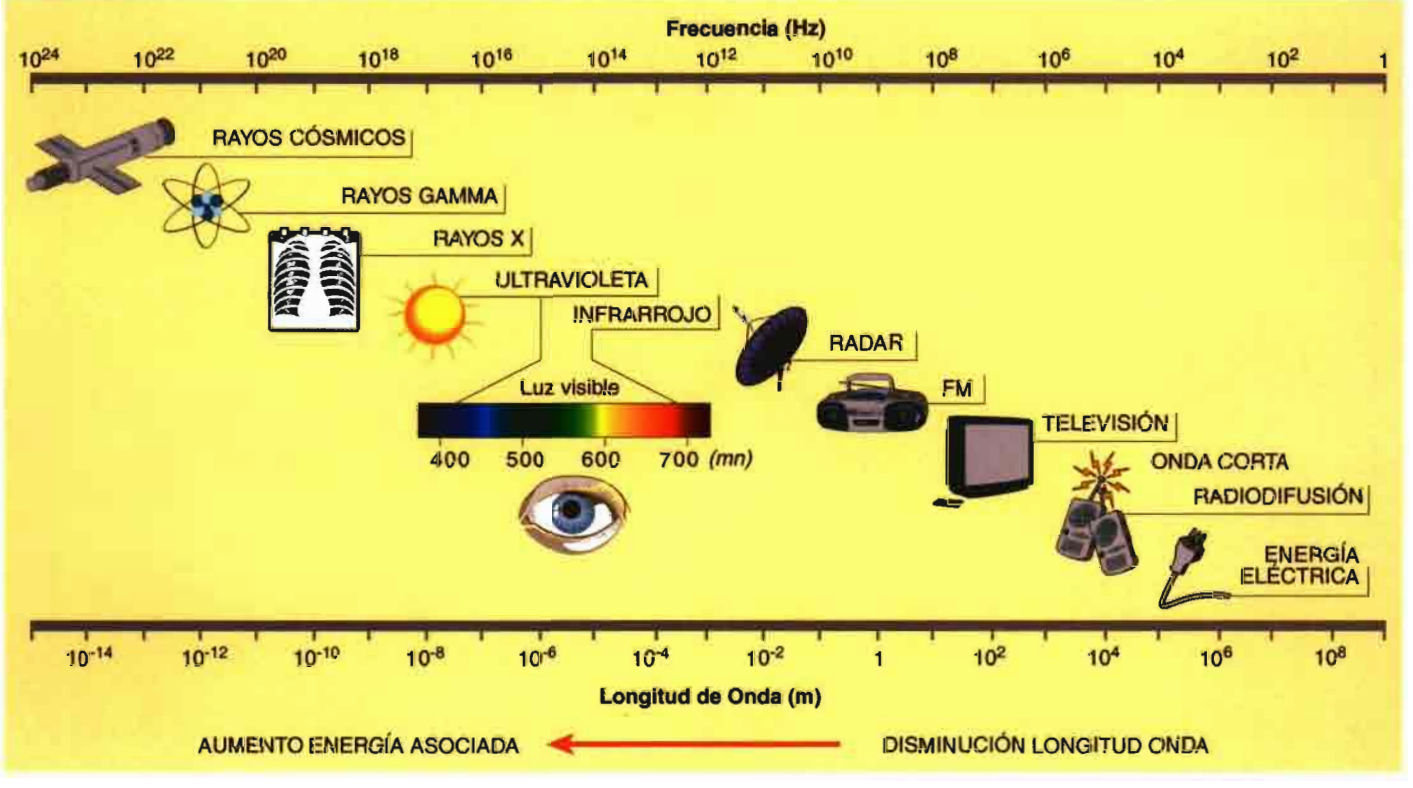
La irradiación o ionización es un procedimiento no térmico que provoca escasas modificaciones sensoriales, aspecto de suma importancia en el caso de los frutos frescos, muy sensibles a cualquier proceso tecnológico que implique el uso de calor. Los alimentos pueden ser tratados después del envasado, con lo que se elimina una posterior contaminación, y el método puede ser aplicado sobre gran número de productos, sólo o combinado con otros tratamientos.

¿Qué es la radiación?

La radiación es una forma de energía que se transmite a través de un material o del espacio. La luz, el calor o el sonido son tipos de radiación. Se suele agrupar en dos grupos: radiaciones ionizantes y no ionizantes. Las primeras son capaces de excitar y desprender electrones de un átomo que se convierte en ión.

Pero la ionización de la materia no se produce sólo como consecuencia de la irradiación; otras reacciones químicas o bioquímicas espontáneas o el propio tratamiento térmico producen efectos similares. Las radiaciones no ionizantes no son capaces de excitar suficientemente a los electrones para que abandonen sus órbitas, y el cambio más apreciable suele ser el calentamiento de la sustancia irradiada.

Como ejemplo de radiaciones ionizantes pueden citarse los rayos A, neutrones, rayos G, rayos B, rayos X, radiación ultravioleta (UV) o rayos cósmicos, todos ellos incluidos en el espectro electromagnético. Se caracterizan por poseer mayor energía asociada cuanto menor es su longitud de onda. Los rayos A, neutrones y rayos G son emitidos por elementos radioactivos al desintegrarse; las dos primeras formas de radiación están constituidas por subpartículas de masa atómica importante, por



El espectro electromagnético.

lo que su capacidad de penetración es pequeña. Rayos G, rayos X y radiación UV son radiaciones electromagnéticas, fotones sin carga ni masa; mientras que los rayos B son electrones acelerados en un acelerador de partículas y presentan una pequeña masa atómica.

Inmersos entre radiaciones

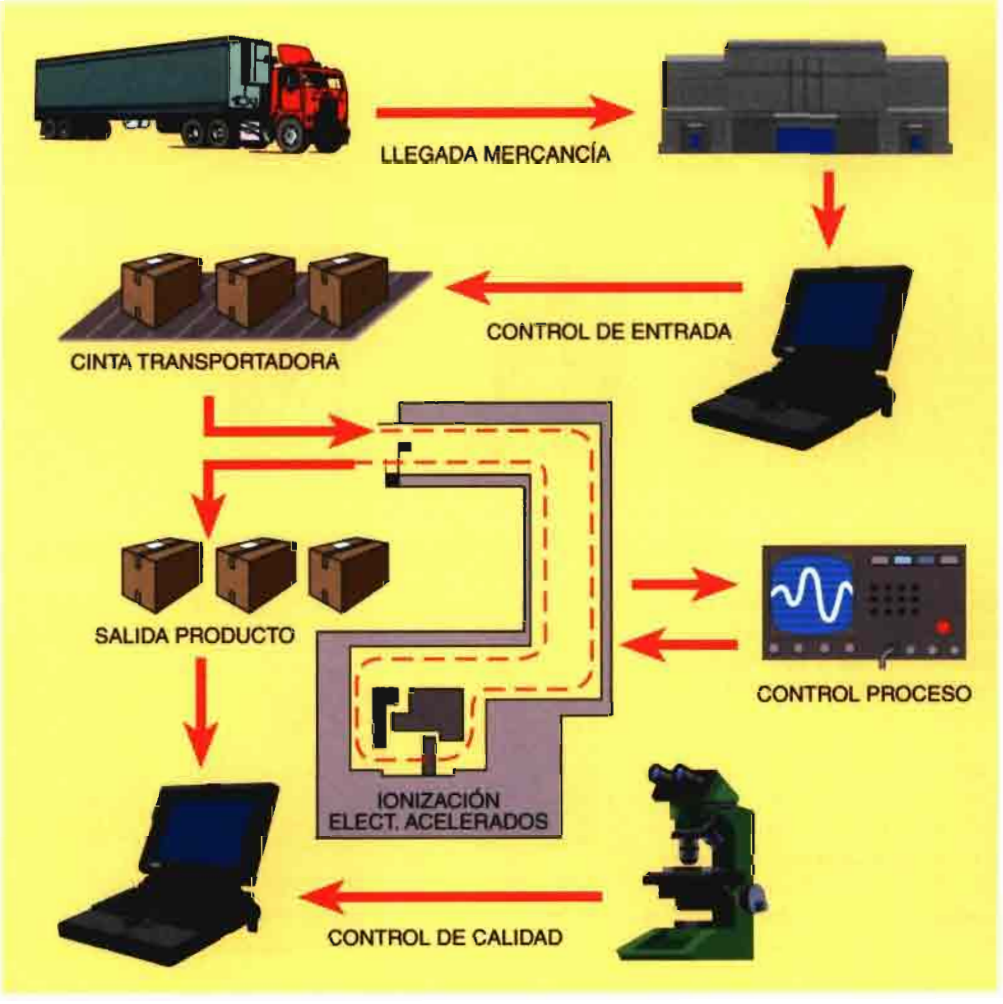
¿Es lo mismo irradiación que contaminación radioactiva? Son dos conceptos distintos aunque suelen confundirse. Irradiación es sinónimo de exposición. Un ser vivo o un objeto sufren efectos biológicos o químicos mientras están expuestos a una fuente que emite radiación.

Existe contaminación en un objeto o ser vivo cuando está sometido a sustancias radioactivas, y continúa siendo irradiado mientras no desaparezca la contaminación que soporta derivada de la presencia de estas sustancias; a su vez, serán fuente de contaminación para su entorno.

En nuestra vida cotidiana somos irradiados continuamente de forma voluntaria o involuntaria ¿Quién no ha tomado el sol habitualmente, usa un microondas, se somete a una radiografía, viaja en avión a gran altitud, o pasa largas horas ante la pantalla de un televisor u ordenador?; o sencillamente, ¿quién no come? La aplicación de irradiación o ionización puede reducir de manera muy efectiva la incidencia de enfermedades alimentarias asociadas a la existencia de patógenos, e incidir favorablemente sobre procesos fisiológicos o presencia de plagas en poscosecha.

Éstos son unos pocos ejemplos que ayudan a comprender la utilidad de las radiaciones electromagnéticas. Al tomar el sol recibimos una radiación que proviene de una fuente de energía; al utilizar el microondas estamos irradiando un alimento ya que los estamos exponiendo a una fuente de energía, también perteneciente al espectro electromagnético.

¿Qué dosis de irradiación recibimos de forma cotidiana? Para cada individuo las dosis varían notablemente. El personal sanitario o el paciente que se somete a numerosas pruebas radiológicas, reciben dosis elevadas de rayos X. La radiactividad natural procedente de radón o rayos G varía de una a otra zona geográfica y es más acusada en el interior de los edificios.



Esquema de una planta de ionización por electrones acelerados. Fuente: Ionmed, S.A.

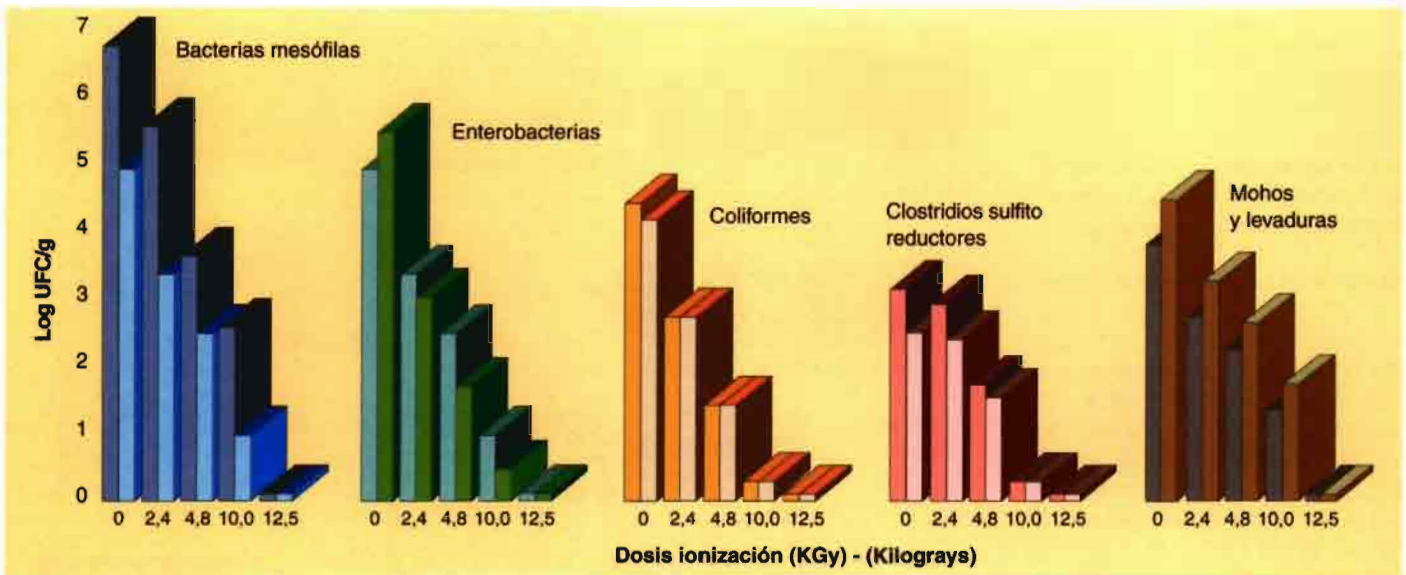
Las tripulaciones de aeronaves que vuelan a gran altitud, están sometidas a una alta irradiación procedente de los rayos cósmicos. Otras fuentes de irradiación a la que algunos sectores sociales atribuyen efectos muy nocivos, como los tubos de rayos catódicos o la lluvia radioactiva, sólo presentan baja incidencia.

■ Entre los alimentos de origen vegetal, aquellos que se consumen sin cocción u otro tipo de tratamiento térmico son fuentes potenciales de contaminación: frutas y hortalizas, frutas deshidratadas, frutos secos, especias

Alimentos y bebidas, aunque sean absolutamente "naturales" y sin ningún tipo de manipulación tecnológica o contaminación accidental, representa la segunda fuente de irradiación para un individuo medio. La mayor parte de la radioactividad natural de alimentos y bebidas procede del K^{40}, isótopo natural del potasio (K^{39}). Se calcula que unos 15 millones de átomos de potasio 40 se desintegran en nuestro interior cada hora.

Aspectos legales

La revisión de estos conceptos se ha realizado para desmitificar el empleo de radiaciones ionizantes en los alimentos. Irradiar o ionizar un alimento consiste en



Destrucción de la biocarga en dos muestras distintas de pimentón (barras rellenas o con líneas) tras ser ionizadas con diversas dosis.



Actuación de las radiaciones ionizantes sobre microorganismos presentes en los alimentos.

exponerlo a una fuente de energía con finalidades como: (1) reducción de la biocarga, especialmente de microorganismos patógenos, (2) eliminación de insectos en tratamientos de cuarentena de cereales o frutos, (3) inhibición de brotes en tubérculos y bulbos, (4) retraso en los procesos fisiológicos poscosecha en vegetales frescos, (5) mejora en las propiedades tecnológicas.

No se trata de un método novedoso. La primera patente en este campo fue registrada en 1905, aunque la técnica no se generalizó debido a las limitaciones técnicas en la primera mitad del siglo XX. Tras la SGM y con el desarrollo de la energía nuclear aparecieron las aplicaciones no - bélicas de esta tecnología. Las primeras fuentes usadas para la irradiación fueron rayos g generados por radionucleidos como 60Co o 137Cs. Posteriormente se desarrollaron aceleradores de electrones (rayos b) con un nivel de energía controlado.

Los electrones acelerados, al poseer carga eléctrica y una pequeña masa, tienen menor poder de penetración que los rayos g, pero presentan otras ventajas como ser producidos por una máquina eléctrica de encendido y apagado voluntario, su clasificación e impacto es mucho menor que las instalaciones que utilizan radioisótopos, y tampoco generan residuos de media o baja actividad.

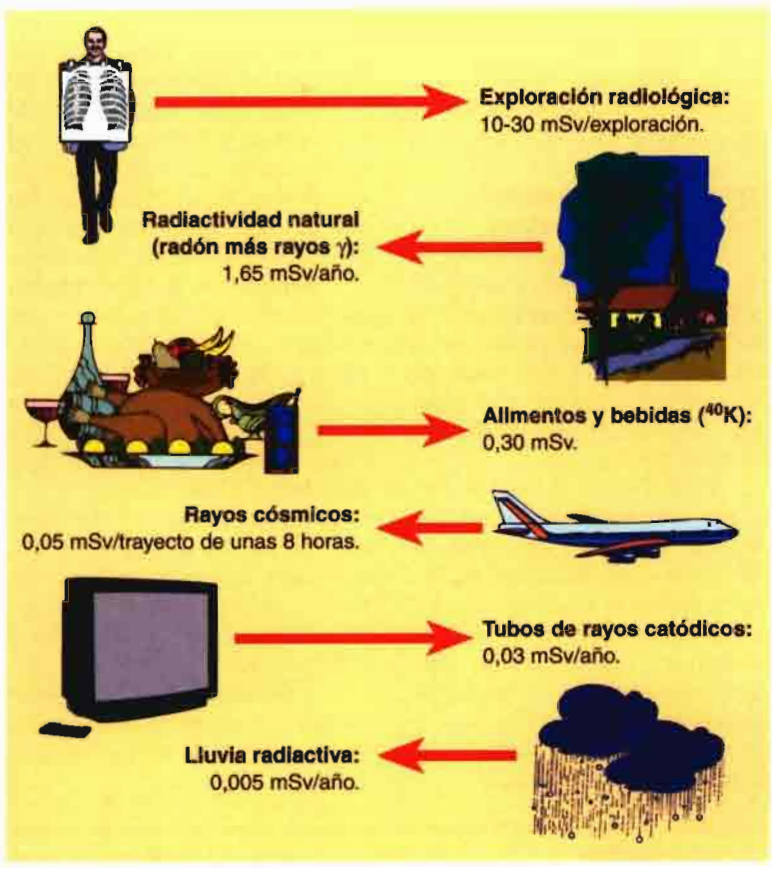
El Comité Conjunto de la FAO/WHO propuso en 1984 que para irradiar los alimentos sólo se pueden utilizar fuentes de irradiación con energía nominal de 5 MeV en el caso de rayos g y rayos X, o haces de electrones acelerados (rayos beta) con una energía nominal máxima de 10 MeV. Con estas energías, por muy alta que fuera la dosis de irradiación aplicada, la hipotética radioactividad inducida sería como máximo 0,001 Bq, valor 200.000 veces inferior a la radiactividad natural de los alimentos debida al isótopo 40K.

Existen más de 70 plantas (15 de ellas en Europa) autorizadas para el tratamiento por ionización de alimentos. En España, la única existente es la de IONMED S.A., en Tarancón (Cuenca).

Además de limitar la energía de la fuente de irradiación, la Comisión del *Codex Alimentarius* adoptó la norma general de fijar en 10 KGy la dosis máxima que puede recibir un alimento. El Gray (Gy) es la unidad que mide la energía absorbida y equivale a 1 julio por kg de alimento irradiado.

Esta dosis máxima fue determinada tras exhaustivos estudios evaluados a lo largo de numerosas reuniones científicas por comités de Expertos de diversas organizaciones. Finalmente se concluyó "que la irradiación de cualquier tipo de alimento hasta una dosis máxima de 10 kGy no presenta

■ Las toxiinfecciones alimentarias, además de afectar a la salud de los consumidores, lleva aparejados unos costes económicos muy elevados: valor de los alimentos afectados, pérdidas laborales, gastos médicos o gastos de hospitalización, entre otros



Dosis medias de irradiación que se reciben habitualmente. El Sievert (Sv) es una unidad que considera la intensidad de la radiación junto a la peligrosidad de la fuente que la produce, ya que todas las radiaciones ionizantes no son igual de peligrosas.

riesgo para la salud humana", y "el tratamiento no plantea especiales problemas nutricionales y/o microbiológicos".

En la Comunidad Europea, las Directivas 1999/2/CE y 1999/3/CE sobre irradiación de alimentos son aplicables desde el 20 de septiembre de 2000, y a partir de marzo de 2001 los alimentos e ingredientes irradiados deben ajustarse a estas disposiciones.

Aplicaciones de ionización

Actualmente son muchos los productos que se tratan mediante ionización. Preparados que utilizan carnes trituradas de vacuno, cerdo o pollo desmigado mecánicamente son muy susceptibles de contaminación. El 75 % de los pollos que se comercializan están contaminados con Salmonella.

También productos lácteos, preparados de huevo, zumos o jugos fermentados o no, flor cortada, envases e incluso tapones de corcho para vinos de calidad, se irradian para mejorar su calidad higiénica o técnica. En productos vegetales la ionización es muy eficaz como tratamiento poscosecha.

- ***Tratamiento de frutos frescos.*** Además de los procesos degradativos que los vegetales sufren durante la posrecolección y que están ligados a actividades enzimáticas endógenas, procesos oxidativos, pardeamientos, etc..., la contaminación microbiológica es también causa de importantes pérdidas durante el almacenamiento. Determinadas frutas debido a sus características químico-físicas o a la ausencia de tejidos o sustancias protectoras eficaces, pueden sufrir un rápido enmohecimiento que arruina el producto.

■ Según datos de la FAO, las pérdidas en productos alimentarios por contaminación pueden cifrarse en 25% en alimentos no perecederos, como cereales y legumbres, y 50% en alimentos perecederos, como fruta, pescado y carne



Símbolo identificativo obligatorio para los alimentos irradiados.

Tal es el caso de las fresas o las brevas.

La breva es un fruto considerado exquisito en mercados en los que alcanza un precio muy elevado. Sin embargo no aumenta su difusión y cultivo por la dificultad de conservación, que le impide alcanzar los mercados centroeuropeos.

La ionización es una alternativa interesante para aumentar la vida útil de comercialización de esta fruta, según estudios experimentales (Almela y col., 2001). Según los datos de este estudio, el contenido inicial de patógenos era muy reducido ya que se trataba de frutos crecidos en árboles sin contacto con el suelo o aguas de riego, además de haber sido tratados de forma higiénica en la planta de envasado.

Por el contrario, el contenido de microorganismos que enmohecen y fermentan el producto se redujo de forma drástica con dosis de ionización de 1,5 o 3 kGy. Parámetros tales como textura, acidez y sólidos solubles de los frutos no variaron significativamente; mientras el color medido instrumentalmente, sobre todo en el caso de la pulpa, fue mucho mejor en los frutos ionizados, que presentaron un aspecto mucho más fresco.

Otra aplicación muy interesante de la ionización en el caso de los frutos frescos es en los tratamientos de cuarentena para evitar la difusión de plagas. La cuarentena supone trabas importantes para el comercio internacional, mientras que la aplicación de tratamientos de fumigación eficaces, como el bromuro de metilo, están actualmente prohibidos.

La irradiación con dosis reducidas es un medio de control muy efectivo como tratamiento alternativo fiable y rápido. Desde 1997, la USDA/APHIS (United States Department of Agriculture / Animal Plant Health Inspection Service) permite la irradiación como tratamiento de cuarentena en frutos tropicales. En México se encuentra en construcción una planta para tratamiento de mangos, entre otros productos destinados al mercado de EE.UU.

- Irradiación de tubérculos y bulbos. Históricamente es la primera aplicación admitida por la legislación española, que permitió en 1969 la irradiación con fines antigerminativos. En 1975, la Junta de Energía Nuclear (actualmente CIEMAT) la aprobó para el tratamiento de cebollas.

Productos como patatas, boniatos, ñame (batata de China), cebollas y otros productos frescos que se almacenan durante mucho tiempo antes de su consumo y que tienden a germinar deben ser tratados para lograr la conservación. La refrigeración continuada es una alternativa costosa. La inhibición de la germinación también puede lograrse con el empleo de productos químicos poco eficaces con temperaturas elevadas, además de originar residuos peligrosos.

La ionización con bajas dosis es eficaz en la prevención de la germinación de las yemas de estos productos, que pueden conservarse posteriormente a temperatura ambiente. También se ha comprobado que los tubérculos de patata irradiados tienen mejor calidad para su posterior procesado industrial.

Detección de alimentos irradiados. Etiquetado

Comprobar analíticamente si un alimento ha sido irradiado es un proceso complejo, puesto que las modificaciones que pueden sufrir sus componentes como resultado de la aplicación de las dosis admitidas legalmente son extremadamente pequeñas.

Para detectar la posible irradiación de un alimento se han descrito numerosos procedimientos basados en protocolos analíticos complejos: modificación del ADN microbiano, alteración de determinados aminoácidos, quimioluminiscencia y fotoluminiscencia, impedancia eléctrica, resonancia magnética nuclear, infrarrojo, análisis térmico,...

La proliferación de protocolos pone de manifiesto la dificultad analítica que debe identificar sustancias cuya concentración es del orden de ppb (1mg en 1000 kg de alimento). En 1996, el Comité Europeo de Normalización propuso 5 ensayos aplicables a la identificación de alimentos irradiados:

- Detección de hidrocarburos en alimentos que contienen grasas mediante cromatografía de gases-masas (CGL-MS) método EN 1784.
- Detección de alquilciclobutanonas en alimentos que contienen grasas mediante CGL-MS, método EN 1785.
- Determinación en alimentos con huesos o espinas, o que contienen celulosa mediante espectroscopía de resonancia de espín (ESR), métodos EN 1786 y 1787, respectivamente.
- Determinación en alimentos que contienen silicatos mediante termoluminiscencia, método 1788.



Estos protocolos deben ser optimizados en cada caso con la finalidad de evaluar la interferencia de la matriz propia del alimento. Dada la globalización del comercio y con la finalidad de defender la libre opción de elaboradores o consumidores finales, la legislación obliga al etiquetado de los envases con un símbolo identificativo de que el alimento o sus componentes han sido irradiados: el símbolo RADURA.

¿Qué responder ante las dudas planteadas por los consumidores?

Se pueden indicar una serie de puntualizaciones a las dudas que habitualmente surgen sobre la ionización de alimentos:

1. La ionización de los alimentos permite mejorar su calidad higiénico sanitaria al reducir la carga microbiana, disminuir las pérdidas durante el almacenamiento y alargar su periodo de vida media.

2. Con las dosis permitidas de hasta 10 KGy, la irradiación de cualquier alimento es un procedimiento absolutamente seguro.

3. Un alimento irradiado no se convierte en radioactivo. Las fuentes de energía permitidas no pueden inducir radioactividad.

4. La formación de radicales libres y/o productos radiolíticos es muy reducida y, en todo caso, similar a la originada por los métodos de conservación o elaboración tradicionales.

5. La disminución del valor nutritivo de los alimentos es similar a la ocasionada por otros métodos de conservación utilizados para alcanzar el mismo fin tecnológico.

6. Como han demostrado varios comités científicos, no se puede vincular la ionización con el desarrollo de cromosomas anormales.

7. Con las dosis admitidas, priones o virus no se ven afectados, por lo que la irradiación nunca será útil para prevenir patologías de este origen, como ocurre con la encefalopatía espongiforme bovina (mal de las vacas locas) o el actual virus de los pollos en países del sureste asiático.

Finalmente, es importante considerar que la ionización, al igual que otros métodos de conservación, nunca puede ser sustitutiva de las buenas prácticas de higiene ni puede mejorar una deficiente calidad de las materias primas.

Bibliografía

- Almela, L.; Roca, M.J.; Nieto-Sandoval, J.M.; Fernández-López, J.A. (2001). Conservación de brevas mediante ionización con electrones acelerados. Estudio preliminar. Alimentación, 157, 135-139.
- Nieto-Sandoval, J.M.; Almela, L.; Fernández-López. J.A.; Muñoz, J.A. (2000). Effect of electron beam irradiation on color and microbial bioburden of red paprika. J. Food Protection, 63, 633-637.
- Roca, M.J.; Almela, L.; Fernández-López, J.A.; Nieto-Sandoval, J.M. (2001). Aumento del tiempo de conservación de frutos frescos mediante ionización con electrones acelerados. I Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

