

# Eliminación de cancro en cítricos

Por Antonio Montalbán \*

**La irradiación es uno de los procesos de conservación de alimentos que puede colaborar en la apertura de mercados para los productos uruguayos. En el caso de los cítricos, su ingreso a algunos países, por ejemplo Estados Unidos, está impedido por restricciones fitosanitarias.**

Levantar una barrera fitosanitaria es muy difícil debido a que, a menudo, estas barreras no arancelarias están disimulando protecciones comerciales. Pero de todas maneras, el primer paso para intentar levantarlas es demostrar la eficiencia de un tratamiento.

Para esto se instaló la Planta de Irradiación Experimental, Modular (EMI-9), en el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), inaugurada el 23 de febrero de este año. Se trata de un equipo que permitirá realizar los experimentos necesarios para confirmar y homologar las dosis de irradiación que se requieren para tratar (desinfectar, pasteurizar, descontaminar y/o esterilizar) alimentos, para que éstos queden aptos para ser aceptados por los organismos competentes de los países a donde se desee exportarlos.

Una década de estudios de irradiación de citrus llevados a cabo por investigadores trabajando en diferentes instituciones uruguayas (1), incluyendo al propio LATU, han contribuido en forma muy importante, entre otros argumentos, a la instalación de la planta de irradiación modular mencionada.

Esto es muy importante para la citricultura uruguaya que es netamente exportadora. Actualmente se producen 220.000 toneladas de fruta cítrica por año. El 50 % de esa cantidad se exporta, siendo Europa el destino principal. Una de las restricciones fitosanitarias que impiden la entrada a otros mercados es la referida al cancro cítrico, una enfermedad de las plantas cítricas producida por una bacteria gram negativa, la *Xanthomonas axonopodis pv. citri*, que puede eliminarse por irradiación.

Los estudios realizados ofrecen argumentos técnicos para presentar a las autoridades competentes de los países importadores de la fruta uruguaya a los efectos de que levanten las restricciones.



Ing. Quím. Montalbán explicando el funcionamiento del equipo en la inauguración del mismo.

## Proceso

La conservación de alimentos por irradiación es un proceso por el cual el alimento absorbe energía proveniente de una fuente de radiación gamma, en general Cobalto 60.

La particularidad del proceso está en el tipo de radiación que interactúa con la materia. La radiación gamma es una radiación electromagnética, de longitud de onda de 10-12 metros y alta energía, que tiene como efecto la ionización y/o excitación a nivel molecular de la materia. La energía de las radiaciones ionizantes de Cobalto 60 es 10 veces inferior a la necesaria para producir una reacción nuclear, por lo que no es capaz de producir radiactividad inducida. Además, la radiación gamma tiene un elevado alcance que la hace muy penetrante, por lo que es muy efectiva para el tratamiento de grandes volúmenes de alimentos.

El proceso consiste en la introducción y consecuente exposición del material a tratar en el campo de radiaciones de

la fuente. Ésta se coloca en recipientes de acero inoxidable de doble encapsulado, con forma de lápiz, sellados. Estos 'lápices' a su vez se agrupan en un portafuentes rectangular. El material a tratar no entra nunca en contacto directo con el material radiactivo, por lo que no existe posibilidad de contaminación.

En las plantas industriales el portafuente se encuentra sumergido en una piscina con agua de varios metros de profundidad. El agua actúa como blindaje contra la radiación emitida por la fuente cuando la planta no está en operación. Para el tratamiento, se eleva el portafuente por encima de la piscina, exponiéndose el material a la radiación.

En la planta, EMI-9, instalada en el LATU, las fuentes selladas se encuentran dentro de un contenedor de plomo que actúa como blindaje contra las radiaciones y también como recipiente para el transporte de las fuentes, por ejemplo, cuando éstas deben ser recargadas, lo que debe hacerse aproximadamente cada dos años.

El material a tratar, contenido dentro de un cilindro de aluminio de 23 litros de capacidad, ingresa y egresa a, y de, ese contenedor, pudiendo hacerlo en forma continua, ajustándose el tiempo de exposición, según la energía que se desee entregar.

Algunas de las principales ventajas de esta tecnología son: que no deja residuos; que el proceso no modifica la temperatura del producto; que puede aplicarse a una gran variedad de productos (los que pueden tratarse incluso ya envasados y cuando están listos para el embarque) y que la rapidez del tratamiento es adecuada a las prácticas de comercialización de las frutas.

## Efectos

Desde el punto de vista microbiológico, los efectos provocados por la irradiación en los alimentos se basan en la eliminación parcial o total de los microorganismos presentes.

La muerte de los microorganismos se debe a la acción de la radiación sobre moléculas vitales para ellos. La sensibilidad a la radiación del microorganismo depende fundamentalmente del tipo de que se trate. En orden creciente de resistencia a la radiación están: insectos, bacterias gram negativas, gram positivas, hongos, esporas de hongos, esporas de bacterias y virus.

La sensibilidad también depende del medio en que se encuentren: son más sensibles en medios acuosos y en presencia de oxígeno.

Otros efectos de la radiación sobre los alimentos son de tipo fisiológico, como la inhibición de brotación, por ejemplo en papas, cebollas, ajos; el retardo en la maduración, por ejemplo en tomates; y los cambios en permeabilidad de paredes celulares, los que disminuyen el tiempo de secado o de cocción de vegetales deshidratados.

Desde el punto de vista del alimento, se puede decir que los cambios microbiológicos resultantes, al igual que en otros procesos de conservación, dependen del producto, su microflora, la dosis de irradiación y las condiciones de almacenamiento posteriores.



Naranja con cancrisis.

Toxicológicamente no existen problemas con dosis del orden de 10 kGy (2), ni disminución del contenido de productos nutritivos en alimentos irradiados hasta esa dosis. En función de estos aspectos es que el Comité mixto de expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), quienes elaboran las bases técnicas para la legislación referente a los alimentos irradiados, expresó, ya en 1980, la inocuidad de alimentos irradiados hasta dosis de 10 kGy, autorizando su consumo.

## Plagas

La cancrisis es una enfermedad de las plantas cítricas causada por la bacteria ya mencionada, la *Xanthomonas axonopodis pv. citri*. Tiene dos formas de contagio: por la actividad del hombre que lleva material contaminado de un lugar a otro y por el contagio de una hoja a otra por las acciones del viento y la lluvia. El cancro existe en Argentina, Brasil y Uruguay siendo una enfermedad cuya consecuencia principal es la presencia de pintitas, manchas externas sobre la cáscara de la fruta, que limita su uso para mercado fresco. También puede causar la caída de las frutas y disminuir la producción, pero principalmente la restricción fitosanitaria a la entrada de cítricos a países sin cancro se debe a la posibilidad de introducir la bacteria al país. Por esto, para algunos mercados, no alcanza con elegir los frutos de zonas sin cancro, sin pintitas, ni pústulas, sino que hay que demostrar que no hay bacterias que viajen con la fruta.

Los cítricos también son atacados por hongos (estimándose las pérdidas por éstos en 25 - 30 % a un mes de la cosecha) y la molesta mosca de la fruta. Esta constituye una de las plagas más importantes del mundo. Su existencia obliga al empleo de insecticidas y de tratamientos cuarentenarios para su ingreso en áreas no

## ■ Irradiación de alimentos

infectadas. Las principales especies de estas moscas incluyen a la *Cereatitis capitata* y *Anastrepha ludens*.

Hay diferentes técnicas (y protocolos de aplicación de las mismas) para eliminar estas plagas de forma que la fruta cumpla con los requisitos para el ingreso al país importador. Entre dichas técnicas se encuentra la irradiación, excepto para el cancro. No se han encontrado en la bibliografía estudios de irradiación de la bacteria *Xanthomonas* que produce la cancrrosis, por lo que los investigadores uruguayos hemos considerado importante estudiarlo.

### Resistencia

A la dosis necesaria para matar el 90% los microorganismos presentes se le llama D10 (dosis necesaria para disminuir la concentración en una potencia de 10) y es una medida de la resistencia de los microorganismos a las radiaciones.

Los hongos que atacan a la fruta son los más resistentes a las radiaciones, el *Alternaria citri* es el más radiorresistente, luego *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Phomopsis citri*, son más sensibles. Las esporas de *penicillium* tienen un D10 de 0,5 kGy. (3) (4)

Sobre la posibilidad de eliminar sarna, producida por *Elsinoe fawcetti*, o *Sphaceloma fawcetti*, de los citrus, si la sarna se encuentra en el orden de resistencia del hongo *Penicillium*, dato que no existe en la bibliografía, se estaría eliminando el 90 % con dosis de 0,5 kGy.

La mosca de la fruta es lo más sensible a las radiaciones; dosis bajas de irradiación de 0,25 kGy son aceptadas internacionalmente. (5)

Como se dijo anteriormente, no había valores de D10 de las *Xanthomonas* en la bibliografía, pero sí de bacterias similares, como las *Pseudomonas* que tienen D10 de 0,05 kGy en caldo nutriente y de 1,2 a 2,3 kGy, según el medio de irradiación, de dosis letal. (6)

Por lo tanto, a la dosis de irradiación para eliminar hongos se eliminaría también al cancro que es más sensible y a la mosca que es aún más sensible.

### Investigación

Para determinar la radio-sensibilidad de la bacteria y así establecer la eficacia de las dosis, se realizaron diferentes investigaciones. El objetivo de algunas investigaciones era determinar el D10 de las *Xanthomonas*, ya que con ese dato puede expresarse el porcentaje de bacterias que pueden eliminarse con una dosis determinada.

Otras investigaciones buscaban determinar si las condiciones externas de la fruta como la cáscara, o el sabor se modificaban al ser irradiadas. (7)

Las investigaciones se llevaron a cabo en *Xanthomonas* en suspensión (en solución de cloruro de sodio) y *Xanthomonas* en pústulas sobre el propio fruto.

La concentración inicial en estas últimas se estimó en función del tamaño de las pústulas. Se irradiaron naranjas con cuatro niveles de desarrollo de pústulas: se considera que los tamaños hasta 3 mm son los de mayor



Naranjas irradiadas con 0,8 KGy en el marco de Estudio

porcentaje de bacterias vivas. Los tamaños de pústulas analizadas fueron: Cabeza de alfiler, 1mm, 2mm y 3 mm. (8)

Se irradiaron muestras a diferentes dosis, lo que equivale a diferentes tiempos de exposición, y se determinó la concentración de bacterias que sobrevivieron en cada tratamiento.

En base a los resultados obtenidos se elaboraron las curvas de dosis/respuesta y se determinaron las dosis adecuadas que interrumpían el desarrollo del estado más resistente.

Para el diseño del experimento se tuvo en cuenta que las frutas fueran todas irradiadas con las mismas dosis, utilizando para ello el producto infectado en forma natural, dejando una muestra control. Durante el período de observación post-tratamiento se mantuvieron las condiciones más favorables para la supervivencia de las plagas tratadas.

Las irradiaciones se hicieron en un proyecto conjunto y de varios años de duración, entre Facultad de Ciencias (Centro de Investigaciones Nucleares), MGAP-DGSA (Dpto. Laboratorios Biológicos) y LATU (Proyecto Irradiador), en un Gammacell 4000 A de origen India, de 4 litros de capacidad y con 300 Curies de actividad en el momento de las irradiaciones.

La dosis en el comienzo de los experimentos fue de 0,51 kGy por hora.

Los resultados obtenidos fueron para la irradiación de *Xanthomonas* en suspensión: D10 = 0,05 kGy (8) y para la irradiación de *Xanthomonas* en pústulas de la propia fruta D10 = 0,19 kGy. (8)

Las diferencias en los resultados son razonables, ya que en medio líquido la bacteria es muy sensible a la irradiación. En la pústula sobre la fruta misma, se trata de un medio "seco" donde aumenta en más de tres veces la radio resistencia.

Al haber determinado D10 en la propia fruta, se puede decir que, con una dosis de 0,6 kGy, necesaria para eliminar más del 90% de hongos, se eliminaría más del 99,9% de las *Xanthomonas*.

En otros estudios realizados (7) (9) se demostró que dosis de 0,8 kGy para naranjas navel (de ombligo), valencia, mandarina y limón, no alteran las condiciones



externas de la fruta, cáscara, ni el sabor.

En una irradiación comercial todo el volumen tratado deberá recibir la dosis establecida como mínima. No obstante, de acuerdo al diseño de la instalación, algunos sectores de los bultos podrán recibir dosis mayores, por lo tanto se recomienda que el producto tolere dosis superiores a la establecida como mínima. Por ejemplo una dosis máxima de irradiación de 0,8 kGy, por los motivos de la uniformidad de dosis de las plantas industriales, estará entregando una dosis mínima del orden de 0,5-0,6 kGy.

## Packing

Se realizó también un ensayo simulando las condiciones comerciales, en la planta industrial de irradiación del Centro Atómico de Ezeiza, Argentina. Se irradiaron limones, naranjas valencia, y dos tipos de mandarinas, murcott y salteña, con una dosis de 0,60 kGy.

Este ensayo era importante por representar la realidad en una planta industrial. Es necesario tener en cuenta que la determinación de la dosis no tiene la precisión de los ensayos previos realizados en el laboratorio. Este ensayo fue llevado a cabo por el Grupo de Trabajo de Irradiación del LATU a cargo de Aníbal Abreu.

Los resultados de este ensayo determinaron una reducción superior a 1000 veces, lo que confirma la determinación del D10.

## Conclusiones

A partir de las investigaciones realizadas se propone en el fruto pronto para la exportación (encerado y empaçado) un tratamiento por irradiación con 0,8 kGy máximo - 0,5 kGy mínimo, que elimina la presencia de los hongos señalados en un 90 % y que es superior a la necesaria para eliminar bacterias en un 99,9 %, además de evitar la necesidad del tratamiento cuarentenario por la mosca.

Al no procesarse para exportación fruta proveniente de zonas infectadas, y al revisarse además la fruta en línea de packing y eliminarse piezas sintomáticas, se adiciona un factor de seguridad que disminuye el índice de riesgo

en más de 1000 veces. Esta es una condición muy importante para hacer valer a la hora de levantar las barreras comerciales.

## Notas

1. María Inés Ares de la Dirección General de Servicios Agrícolas, Enrique Verdier y Silvia Méndez de Laboratorios Biológicos ambos del Ministerio de Ganadería y Agricultura y Pesca; Aníbal Abreu, Antonio Montalbán y Pablo Betancourt integrantes del Proyecto Irradiador del LATU y Antonio Montalbán, Centro de Investigaciones Nucleares de la Facultad de Ciencias.
2. La energía recibida por el material se mide por la "Dosis" que es energía absorbida por unidad de masa, su unidad es el Gray (Gy) que corresponde a 1 Julio por kilogramo.
3. International Atomic Energy Agency. 1982. D10 Values of selected bacteria, Training manual on Food Irradiation. IAEA.
4. Ahmed, E.R. y Dennison, R.A. s/f Summary of the common citrus fruits diseases causing storage losses. Food Irradiation IAEA and FAO. 1966.
5. APHIS U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service. 2002. Irradiation Phytosanitary Treatment of Imported Fruits and Vegetables, APHIS, USDA, Proposed Rule.
6. Frazier, W.C. y Westhoff, D. 2008. Preservation by Radiation. En: Food Microbiology. Tata-McGraw Hill, chapter 10.
7. Betancourt, P., Ares, M.I., Montalbán, A., Arcia, P., Borthagaray, M.D., Curutchet, A.; Pica, L., Soria, A. y Abreu, A.V., 2007. Effect of Irradiation as Quarantine Treatment on Citrus Fruit Quality, LATU, MGAP.
8. Montalbán, A., Verdier, E. y Méndez, S., 2008. Viabilidad de *Xanthomonas citri* subsp. *citri* en fruta cítrica sintomática sometida a irradiación (rayos gamma). Fitopatología Vol. 43 No. 3, Diciembre 2008.
9. Hana, Y., Demicheri, F., Alfaro, I., Lombardi, P.; 2001. Diseño e implementación de una planta de irradiación de alimentos. Estudio experimental, Facultad de Ingeniería, Facultad de Ciencias, Proyecto fin de carrera de Ingeniería Química.

\*El Ing. Quím. Antonio Montalbán Artecona es jefe del Dpto. de Asuntos Técnicos de la Dirección de Regímenes Industriales del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) e integra el grupo de Trabajo en Irradiación del mismo LATU.

# Invierte en salud



## Club Banco República

Juan B. Blanco 1289 - 2709 9520 - cbr@cbr.com.uy - www.cbr.com.uy