

USO DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS MEDIANTE RADIOISÓTOPOS PARA REDUCIR EL USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y PLAGUICIDAS Y MEJORAR LA INOCUIDAD ALIMENTARIA

Autora: Talía Yrigoyen Rivero PhD.

Afiliación institucional: Facultad de Ciencias Económicas y Financieras, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), La Paz, Bolivia.

Resumen

La inocuidad alimentaria constituye un desafío prioritario para la salud pública y el desarrollo sostenible. La presencia de microorganismos patógenos, insectos y residuos de plaguicidas, junto con las pérdidas poscosecha, exige la implementación de tecnologías que mejoren la seguridad y conservación de los alimentos. En este contexto, la irradiación mediante radiación ionizante, particularmente rayos gamma procedentes del radioisótopo cobalto-60 (^{60}Co), representa una alternativa para reducir determinados microorganismos, controlar plagas y prolongar la vida útil de productos seleccionados. El presente artículo analiza sus fundamentos, aplicaciones, ventajas y limitaciones, así como su potencial para sustituir ciertos tratamientos químicos poscosecha. Se desarrolla una revisión documental de carácter descriptivo y analítico, basada en referencias técnicas y normativas internacionales. Se concluye que la irradiación puede contribuir a mejorar la inocuidad y disminuir el uso de algunos fumigantes, siempre que se aplique bajo condiciones controladas y dentro de un sistema integral de seguridad alimentaria. Asimismo, se identifica una oportunidad de cooperación científica entre la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) y la Universidade de Brasília (UnB) para desarrollar investigaciones y fortalecer capacidades tecnológicas en Bolivia y Brasil.

Palabras clave: irradiación de alimentos; cobalto-60; radioisótopos; inocuidad alimentaria; plaguicidas; conservación poscosecha.

1. Introducción

La inocuidad alimentaria es fundamental para proteger la salud de los consumidores y garantizar la calidad de los productos destinados al mercado nacional e internacional. La contaminación por bacterias patógenas, insectos y sustancias químicas, así como el deterioro durante el almacenamiento y transporte, ocasiona pérdidas económicas y riesgos sanitarios. Tradicionalmente, el control de estos problemas se ha basado en plaguicidas, fumigantes, desinfectantes y conservantes. Sin embargo, su utilización inadecuada puede generar residuos, impactos ambientales y riesgos para la salud.

Ante esta situación, resulta necesario promover tecnologías complementarias que permitan mejorar la conservación de los alimentos y reducir la dependencia de determinados tratamientos químicos. Una de estas alternativas es la irradiación de alimentos, que utiliza radiación ionizante en dosis controladas para disminuir microorganismos, controlar insectos y retrasar ciertos procesos biológicos. Entre las

fuentes utilizadas se encuentra el cobalto-60, un radioisótopo que emite rayos gamma capaces de penetrar en los productos y producir efectos sobre el material genético de microorganismos y plagas. La irradiación, cuando se realiza bajo las condiciones autorizadas, no convierte los alimentos en radiactivos (FDA, s. f.). No obstante, esta tecnología no elimina necesariamente los residuos de plaguicidas ya presentes en los alimentos ni sustituye las buenas prácticas agrícolas y de manufactura. Su principal utilidad consiste en aportar una barrera adicional de control y, en aplicaciones específicas, reemplazar determinados tratamientos químicos poscosecha.

El objetivo de este artículo es analizar el potencial de la irradiación mediante radioisótopos para mejorar la inocuidad alimentaria, reducir determinadas aplicaciones químicas y promover oportunidades de investigación y cooperación tecnológica entre Bolivia y Brasil.

2. Materiales y métodos

El estudio corresponde a una revisión documental de carácter descriptivo y analítico, basada en normas y documentos técnicos de organismos internacionales relacionados con la irradiación de alimentos y la seguridad alimentaria. Se consideran principalmente referencias de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Comisión del Codex Alimentarius y la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA). El análisis se organiza en cuatro aspectos: fundamentos de la irradiación, aplicaciones en inocuidad alimentaria, comparación con tratamientos químicos convencionales y propuesta de implementación en una cadena agroalimentaria.

2.1. Fundamentos de la irradiación de alimentos

La irradiación consiste en exponer los alimentos a radiación ionizante controlada para obtener un efecto tecnológico específico. La dosis absorbida se mide en gray (Gy) y, en aplicaciones alimentarias, frecuentemente en kilogray (kGy). La dosis requerida depende del alimento, del microorganismo o plaga objetivo y de las características que se desea conservar.

Las principales tecnologías son: Rayos gamma: pueden proceder de radioisótopos como el cobalto-60 (^{60}Co). Se utilizan en instalaciones industriales con blindaje, sistemas de seguridad y controles dosimétricos.

Electrones acelerados: se generan mediante equipos eléctricos y ofrecen altas tasas de procesamiento, aunque su penetración es más limitada.

Rayos X: se producen mediante equipos que convierten la energía de electrones acelerados en radiación X.

El cobalto-60 resulta de interés por su capacidad de penetración y su aplicación en productos empacados o cargas de determinadas dimensiones. Sin embargo, las instalaciones requieren inversión, personal especializado, vigilancia radiológica y cumplimiento de la normativa vigente.

La radiación puede dañar el ADN y otras estructuras celulares de microorganismos e insectos, impidiendo su reproducción o provocando su inactivación. De este modo, permite reducir determinados patógenos, controlar plagas, inhibir la brotación de productos como papas y cebollas y prolongar la vida útil de ciertos alimentos.

3. Resultados y discusión

3.1. Beneficios para la inocuidad alimentaria

La revisión documental permite identificar que la irradiación constituye una herramienta útil para reducir determinados riesgos biológicos. Según la dosis y las condiciones del tratamiento, puede disminuir microorganismos como *Salmonella* spp., determinadas cepas patógenas de *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*.

También puede controlar insectos en granos, especias y frutas, así como retrasar la brotación de tubérculos y bulbos. Estas aplicaciones pueden disminuir pérdidas poscosecha y facilitar el cumplimiento de algunos requisitos fitosanitarios para la comercialización.

Sin embargo, la irradiación no garantiza por sí sola la eliminación de todos los microorganismos, esporas o toxinas presentes. Su eficacia depende de la dosis, de las características del alimento y del agente biológico. Por ello, debe integrarse con la higiene, la refrigeración, el almacenamiento adecuado y la prevención de la contaminación posterior al tratamiento.

3.2. Reducción del uso de productos químicos y plaguicidas

Uno de los principales aportes potenciales de la irradiación es la posibilidad de sustituir determinados tratamientos químicos poscosecha. Por ejemplo, en productos seleccionados puede utilizarse para controlar plagas que tradicionalmente se combaten mediante fumigantes, siempre que el tratamiento esté validado y autorizado para el producto y el mercado de destino.

No obstante, es necesario diferenciar entre los productos químicos aplicados después de la cosecha y los residuos de plaguicidas que ya están presentes debido a su utilización durante el cultivo. La irradiación puede reemplazar algunos tratamientos de desinfestación, pero no elimina necesariamente los residuos químicos existentes.

Por consiguiente, la reducción de la exposición a plaguicidas requiere una estrategia integral que incluya buenas prácticas agrícolas, manejo integrado de plagas, uso responsable de productos fitosanitarios y análisis de residuos. La irradiación debe

considerarse una herramienta complementaria y no una solución universal. Su eficacia y sus beneficios deben comprobarse mediante controles microbiológicos, análisis químicos y evaluaciones específicas para cada producto.

3.3. Comparación entre el manejo convencional y el manejo con irradiación

CRITERIO	MANEJO CONVENCIONAL	MANEJO INTEGRADO CON IRRADIACIÓN
Control de plagas	Puede requerir fumigantes y otros tratamientos autorizados.	Puede sustituir determinados tratamientos de desinfestación.
Control microbiano	Se apoya en higiene, desinfección y conservación.	Añade una barrera para reducir determinados microorganismos.
Residuos químicos	Dependen del uso de productos y del cumplimiento normativo.	Puede reducir algunas aplicaciones poscosecha, pero no garantiza eliminar residuos previos.
Vida útil	Depende del alimento y las condiciones de almacenamiento.	Puede prolongarse en determinados productos.
Costos	Incluye productos químicos, mano de obra y controles.	Requiere servicio de irradiación, transporte, dosimetría e infraestructura especializada.
Impacto ambiental	Depende de los productos y de la gestión de residuos.	Puede reducir ciertos impactos químicos, aunque también presenta costos energéticos y logísticos.

Fuente: elaboración propia a partir del análisis de las aplicaciones descritas en la normativa y documentación técnica internacional.

La comparación muestra que la irradiación puede aportar beneficios sanitarios y ambientales cuando reemplaza un tratamiento químico específico o reduce pérdidas de alimentos. Sin embargo, su rentabilidad depende del volumen de productos, la disponibilidad de instalaciones y los costos de transporte y procesamiento. Para productores pequeños, contratar servicios externos autorizados podría ser más viable que construir una planta propia.

3.4. Calidad nutricional y seguridad radiológica

La irradiación correctamente aplicada puede conservar muchas de las propiedades nutricionales y sensoriales de los alimentos. No obstante, algunas vitaminas sensibles pueden experimentar pérdidas variables y ciertos productos pueden presentar cambios de textura, color o sabor si se emplean dosis inadecuadas.

Por ello, la dosis debe seleccionarse considerando tanto la eficacia sanitaria como la calidad comercial del alimento. Los estudios de validación deben evaluar las características microbiológicas, nutricionales y sensoriales del producto tratado. También es importante distinguir la irradiación de la contaminación radiactiva. En las instalaciones gamma, los alimentos reciben energía de una fuente sellada sin entrar en contacto directo con el material radiactivo. Bajo las condiciones autorizadas para el procesamiento alimentario, la irradiación no convierte el producto en radiactivo.

La seguridad de las instalaciones exige blindaje, sistemas de protección, control de acceso, dosimetría, mantenimiento y personal capacitado. Asimismo, deben cumplirse las normas nacionales e internacionales de autorización, trazabilidad y etiquetado.

3.5. Propuesta de implementación

Se propone desarrollar un proyecto piloto de irradiación en una cadena agroalimentaria boliviana, seleccionando especias deshidratadas, granos almacenados o frutas destinadas a mercados que admitan esta tecnología. El proyecto comprendería cinco etapas:

Diagnóstico: identificar las principales plagas, microorganismos, pérdidas poscosecha y sustancias químicas utilizadas.

Selección del producto: establecer el objetivo del tratamiento y determinar las condiciones técnicas y regulatorias aplicables.

Prueba piloto: comparar lotes tratados y no tratados en una instalación autorizada, utilizando dosis validadas.

Control de calidad: realizar análisis microbiológicos, pruebas de residuos de plaguicidas y evaluaciones de vida útil y calidad sensorial.

Evaluación económica y ambiental: comparar costos, pérdidas evitadas, reducción de tratamientos químicos y requisitos logísticos.

Este modelo permitiría determinar si la irradiación resulta técnica, económica y ambientalmente conveniente antes de promover inversiones de mayor escala.

3.6. Cooperación académica entre la UMSA y la UnB

La irradiación de alimentos ofrece oportunidades para fortalecer la investigación interdisciplinaria entre la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) y la Universidade de Brasília (UnB). La cooperación podría incluir estudios de dosimetría, microbiología, calidad alimentaria, análisis de residuos de plaguicidas y evaluación económica. Asimismo, podrían promoverse intercambios de estudiantes y docentes, elaboración de tesis, capacitación técnica y publicaciones científicas conjuntas. La participación de profesionales especializados en física e ingeniería nuclear contribuiría a evaluar las condiciones de procesamiento y los requisitos de protección radiológica.

La posible colaboración de la ingeniera nuclear Wanda Camacho Vásquez, mencionada en la propuesta inicial, podría incorporarse mediante acuerdos específicos, previa definición de sus responsabilidades y de las capacidades institucionales disponibles. Para avanzar, ambas universidades deberían verificar la disponibilidad de instalaciones

y laboratorios, establecer objetivos medibles y coordinar sus actividades con las autoridades competentes en inocuidad alimentaria y seguridad radiológica.

4. Conclusiones

La irradiación de alimentos mediante radioisótopos, especialmente cobalto-60, constituye una tecnología de interés para mejorar la inocuidad, controlar determinadas plagas y microorganismos y prolongar la vida útil de productos seleccionados. Su aplicación puede contribuir a reducir pérdidas poscosecha y sustituir algunos tratamientos químicos de desinfestación.

Sin embargo, no elimina necesariamente los residuos de plaguicidas ya presentes ni reemplaza las buenas prácticas agrícolas, la higiene y los controles sanitarios. Su implementación requiere validación científica, instalaciones autorizadas, personal especializado, dosimetría y cumplimiento de la normativa aplicable. En Bolivia, un proyecto piloto permitiría evaluar sus beneficios y limitaciones en productos prioritarios, considerando la eficacia microbiológica, los residuos químicos, los costos y el impacto ambiental. La cooperación entre la UMSA y la UnB podría fortalecer la formación de recursos humanos y el desarrollo de investigaciones adaptadas a las necesidades regionales. En definitiva, la irradiación debe integrarse responsablemente en un sistema de inocuidad alimentaria que combine innovación tecnológica, regulación, vigilancia sanitaria y sostenibilidad ambiental.

Referencias bibliográficas

Codex Alimentarius Commission. (2003). General Standard for Irradiated Foods (CXS 106-1983, Rev. 1-2003). FAO/WHO.
https://www.fao.org/input/download/standards/16/CXS_106e.pdf

Food and Drug Administration (FDA). (s. f.). Food Irradiation: What You Need to Know.
<https://www.fda.gov/food/buy-store-serve-safe-food/food-irradiation-what-you-need-know>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (1999). High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. WHO Technical Report Series No. 890. <https://www.who.int/publications/i/item/9241208902>

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). (s. f.). International Atomic Energy Agency. <https://www.iaea.org/>