



La Irradiación como Tratamiento Cuarentenario para el Mango

El Esquema General:

La provisión de mango sabroso de alta calidad para los consumidores es el objetivo más importante para la industria. El mango importado de México debe ser sometido a un tratamiento cuarentenario para el abatimiento de la mosca de la fruta antes de ser enviado a EUA para asegurar que esta plaga no se transporta a través de fronteras nacionales. El tratamiento hidrotérmico es la norma utilizada en la actualidad por la industria del mango, pero la irradiación ofrece otra solución en materia de tratamientos.

La irradiación por rayos Gamma utiliza irradiación ionizante para modificar el ADN de las plagas, haciéndolas estériles. La investigación realizada anteriormente indica que el mango tratado con irradiación a dosis bajas se desempeña bien y no presenta daños significativos, pero aún no se han determinado los parámetros exactos.

Con esto en mente, la National Mango Board comisionó un proyecto de investigación para explorar los efectos de la irradiación en las diferentes variedades de mango. El Dr. Edmundo Mercado Silva de la Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México, analizó los límites de las dosis de irradiación de mayor eficacia. Asimismo, exploró las maneras en que la madurez del mango afectaba la calidad de la fruta irradiada, y además si el calibre del mango fungía como factor de importancia al considerar la irradiación. Los científicos observaron las respuestas fisiológicas específicas de la fruta irradiada, incluyendo la firmeza, el contenido de ácido ascórbico, la acidez titulable, la pérdida de peso, el contenido de sólidos solubles, el color de la pulpa, y el color de la piel para cada variedad. De igual manera, se monitoreó la temperatura de almacenamiento de la fruta, misma que se consideró dentro del estudio.

Los investigadores trabajaron con las variedades de mango que se producen en México, que incluyen Tommy Atkins, Haden, Kent, Keitt, Ataulfo, y Manila. La fruta se cosechó en dos etapas de madurez: $\frac{1}{4}$ de madurez (25% maduro, lo cual es semejante al requerimiento para la fruta que cursa el tratamiento hidrotérmico) y $\frac{3}{4}$ de madurez (75% maduro). Luego de realizar la selección en base a la etapa de madurez, el mango se clasificó por calibre y se empacó en la misma forma que hubiese sido para la exportación, y posteriormente se irradió. Después del tratamiento la fruta se paletizó y se transportó para el almacenamiento y análisis.

Aunque los investigadores descubrieron que el calibre de la fruta no fue factor importante en términos de la respuesta a las dosis de irradiación, la etapa de madurez de la fruta al irradiarse, al igual que la temperatura de almacenamiento después del tratamiento, fueron extremadamente importantes. Asimismo, el equipo de investigación ayudó a definir más detalladamente las dosis de irradiación que cada variedad de mango pudo tolerar sin sacrificar la calidad.

Los siguientes resultados muestran cómo la irradiación se podría utilizar eficazmente como tratamiento cuarentenario para el mango, en base a la calidad del producto.

Conclusiones Generales:

El calibre de la fruta no tiene importancia al considerar el tratamiento por irradiación para el mango. El mango de calibre 8 y 10 fueron considerados por los investigadores, pero el calibre tuvo un impacto menor que el de otros factores (como temperatura de almacenamiento), de modo que el calibre se omitió de la ecuación para este estudio.

La madurez de la fruta al momento de irradiarse es crucial – los investigadores recomiendan que el mango se irradie a ¾ de madurez (75% maduro) para lograr los resultados óptimos. La irradiación del mango a ¼ de madurez (25% maduro) debe evitarse. La fruta que se irradió a ¼ de madurez pareció ser más susceptible a daños (pardeamiento de la piel y de la pulpa) por temperaturas de almacenamiento más altas y, asimismo, la fruta inmadura que se irradió mostró el desarrollo de tejido esponjoso. Estos tipos de daños harían menos probable la compra del mango por parte de los consumidores.

Daños internos derivados del tratamiento. Los datos de este proyecto indican que ninguna de las variedades de mango estudiadas sufrió daños con la dosis de .15 kGy – el mínimo tratamiento cuarentenario requerido por USDA-APHIS para controlar la mosca de la fruta Mexicana. Cabe mencionar que con la tecnología de irradiación a base de rayos gamma, la radiación no se distribuye de manera uniforme – la fruta más cercana al centro geométrico de la caja presenta el valor mínimo de irradiación, mientras que la fruta más cercana a la fuente de radiación presenta los valores más altos. Por tanto, los investigadores definen un rango de valores para la irradiación. En términos generales, este rango de dosis de irradiación (.15 a .44 kGy) no parece causarle daños al mango en cualquiera de las dos etapas de madurez. Sin embargo, los investigadores pudieron determinar límites de irradiación aun más específicos para cada variedad de mango.

- **Las variedades Tommy Atkins, Haden, Keitt, y Manila deben irradiarse a .6 kGy o menos, y procesarse a una etapa de ¾ de madurez (75% maduro).**

- El mango **Tommy Atkins** que se irradió a dosis por encima de .6 kGy y se mantuvo almacenado en forma continua a 10°C (50°F) al principio no presentó cambios en el color externo, sin embargo, estos cambios se presentaron cuando la fruta fue transferida de 10°C (50°F) a 20°C (68°F). La fruta Tommy Atkins irradiada a .15 kGy no mostró cambios significativos en el tejido interno después de 19 días de almacenamiento a 20°C (68°F), sin embargo, esta variedad irradiada a .6 kGy (y a niveles más altos) desarrolló pardeamiento interno y tejido esponjoso.
 - El mango Tommy Atkins irradiado a .6 kGy o más presentó un menor índice de firmeza que la fruta irradiada a .15 kGy.
 - El mango Tommy Atkins almacenado a 10°C (50°F) e irradiado a .6 kGy o más presentó menor contenido de ácido ascórbico. Toda la fruta mostró índices menores de contenido de ácido ascórbico a 20°C (68°F).
 - La acidez titulable del mango Tommy Atkins no se vio afectada por la irradiación durante los primeros 13 días de almacenamiento.
 - La pérdida de peso de la fruta, el contenido de sólidos solubles, y el color de la pulpa y de la piel no sufrieron cambios a raíz de las dosis de irradiación.
- El mango de la variedad **Haden** no registró efectos negativos significativos como resultado de las diversas dosis de irradiación en ninguna de las variables fisicoquímicas bajo consideración. El mango Haden que se almacenó en forma continua a 10°C (50°F) no presentó ningún cambio en el color de la piel, aun a niveles de irradiación más altos, sin embargo, los investigadores observaron

pardeamiento superficial en fruta irradiada a niveles por encima de .56 kGy que fue transferida de 10°C (50°F) a 20°C (68°F).

- Los cambios en el color de la piel observados después de la aplicación de la radiación en la variedad Haden podrían estar asociados con el desarrollo de enfermedades, debido a que los daños fueron semejantes al desarrollo de la antracnosis. Los investigadores señalan que es posible que la radiación provoca debilidad en los tejidos y facilita el desarrollo de esta enfermedad, pero este factor no pudo ser confirmado en la investigación
- El mango de la variedad **Keitt** que se expuso a .6 kGy o niveles mayores de radiación desarrolló pardeamiento interno después de 19 días de almacenamiento, y los investigadores observaron que el Keitt presentó mayor susceptibilidad a enfermedades patógenas y el desarrollo de tejido esponjoso que otras variedades.
 - El mango Keitt irradiado a dosis altas registró una aceleración en el proceso de ablandamiento de la fruta al almacenarse a 20°C (68°F).
 - Las dosis altas de irradiación mancomunadas con el tratamiento de la fruta a ¼ de madurez promueven mayores pérdidas de ácido ascórbico en la variedad Keitt.
 - La temperatura (no la dosis de radiación) parece ser el factor más importante al medir la acidez titulable y el contenido de sólidos solubles en el mango de la variedad Keitt. El mango Keitt expuesto a dosis altas de irradiación presentó una demora en el proceso de maduración, lo cual indica un menor desarrollo de sólidos solubles.
- El mango de la variedad **Manila** registró un alto índice de deshidratación, lo cual limitó su vida de anaquel a sólo 13 días al almacenarse a 20°C (68°F). El almacenamiento continuo a 10°C (50°F) provocó una demora en el proceso de maduración comparado con la fruta almacenada a 20°C (68°F). Los investigadores concluyeron que la irradiación provoca una demora en los cambios de color de la piel, y que las dosis altas de radiación causan un leve pardeamiento en la piel
 - El mango de la variedad Manila registró una tendencia al incremento en el contenido de ácido ascórbico durante el almacenamiento, logrando los valores más altos el día 19.
 - Las medidas del contenido de sólidos solubles indican que las dosis más altas de irradiación en mango Manila pueden afectar el proceso de maduración.
- **Las variedades Kent y Ataulfo pueden tolerar niveles de radiación de hasta .86 kGy.** Los investigadores concluyeron que la fruta no debe irradiarse a niveles por encima de .93 kGy. Asimismo, señalan que ésta es la dosis de irradiación máxima que el mango puede tolerar sin mostrar efectos negativos. Lo interesante es que es menor que la dosis máxima (1.00 kGy) recomendada por la FDA en la actualidad para tratamientos cuarentenarios por irradiación.
 - El mango de la variedad **Kent** registró una mayor tolerancia a la irradiación debido a que el daño externo en la piel fue menor. Sin embargo, se observó un trasfondo de color pardo en la fruta tratada a niveles por encima de 1.0 kGy y almacenada a 20°C (68°F). Los investigadores concluyeron que la pulpa del mango Kent pareció ser más

tolerante a la irradiación y las temperaturas de refrigeración que otras variedades. Las dosis altas de irradiación parecen haber modificado la fisiología de la fruta, y esos cambios se agravaron al almacenar el mango Kent a 10°C (50°F). Esto sugiere que el estrés sufrido como resultado de la irradiación se exacerbó con estrés de congelamiento, lo cual provoca mayor daño en la fruta.

- El mango Kent irradiado a niveles altos presentó índices menores de firmeza y contenido de ácido ascórbico durante el almacenamiento de corto plazo, pero estos efectos desaparecieron en la medida que el período de almacenamiento se fue prolongando.
 - La temperatura (no la dosis de radiación) parece haber sido el factor de mayor importancia al medir la acidez titulable y el contenido de sólidos solubles en mango de la variedad Kent.
- El mango de la variedad **Ataulfo** pareció haber registrado una mayor tolerancia a las dosis de irradiación al mantenerse bajo almacenamiento continuo a 10°C (50°F) y 20°C (68°F). Sin embargo, los investigadores concluyeron que el almacenamiento a 10°C (50°F) causó una demora notable en el proceso de maduración. Los datos sugieren que el mango Ataulfo podría tolerar dosis altas de irradiación si la fruta se almacena a 13°C (55°F), tal como lo recomiendan los protocolos del mango.
- El mango Ataulfo almacenado a 20°C (68°F) presentó una pérdida vertiginosa de firmeza comparado con la fruta almacenada a 10°C (50°F) después de la aplicación de la irradiación. El mango Ataulfo se ablandó en forma más rápida que cualquier otra variedad estudiada.
 - La fruta del Ataulfo tratada a niveles altos de irradiación mostró valores significativamente menores de ácido ascórbico que la fruta sometida a tratamientos con dosis menos elevadas.
 - Las dosis más altas de irradiación señalaron cambios en el proceso de maduración del mango Ataulfo, lo cual impidió que la fruta lograra índices más altos de contenido de sólidos solubles.

Las temperaturas de almacenamiento para el mango irradiado tienen un efecto en la calidad del producto. La fruta almacenada a 10°C (50°F) presentó un incremento en los daños provocados por el tratamiento de irradiación, y dichos daños fueron evidentes aun cuando la fruta se transfirió posteriormente a cuartos con la temperatura más alta de 20°C (68°F). Los investigadores concluyeron que el estrés de la radiación aunado al estrés de bajas temperaturas pueden agravar y provocar más daños en el mango.

La dosis de irradiación aplicada en el estudio no pareció impactar la vida de anaquel de la fruta, más bien, las temperaturas de almacenamiento fueron más críticas en términos del impacto a la vida de anaquel. Aunque este estudio no tenía la intención de evaluar la vida de anaquel del mango, los investigadores observaron que el almacenamiento de la fruta a 10°C (50°F) causó un impacto mayor que las dosis de irradiación.

Mirando hacia el futuro:

El método cuarentenario principal para el mango en la actualidad es el tratamiento hidrotérmico, que funciona bien si el protocolo correcto se cumple en forma precisa. Una ventaja del tratamiento de irradiación es que el mango se puede someter al tratamiento a una etapa de madurez más avanzada (75% maduro, a diferencia de 25% maduro, que es la práctica en la actualidad con el tratamiento cuarentenario hidrotérmico).

La irradiación del mango bajo las condiciones señaladas para cada variedad asegurará que el mango contará con la retención máxima posible de contenido nutriente y sabor. Para ciertas variedades de mango en particular – como el Manila que tiene piel particularmente blanda – la irradiación ofrece un tratamiento cuarentenario alternativo que podría ser muy eficaz. Los consumidores a quienes les gusta el aspecto, la sensación, y el sabor del mango, sin lugar a dudas, comprarán más fruta – impulsando la demanda a un nivel más alto.