

IRRADIACIÓN GAMMA COMO TRATAMIENTO CUARENTENARIO EN FRUTOS DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) Y LOS CAMBIOS EN SU CALIDAD

GAMMA IRRADIATION AS A QUARANTINE TREATMENT ON GUAVA FRUITS (*Psidium guajava* L.) AND CHANGES IN ITS QUALITY

María del Rosario Justo Gómez; Arturo Hernández Montes*

Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México- Texcoco, km 38.5, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230, MÉXICO.

Correo-e: sensorial@prodigy.net.mx (*Autor responsable)

RESUMEN

La mosca de la fruta (*Anastrepha ludens* L.) es un problema para la exportación de frutas por las barreras fitosanitarias establecidas por los países importadores. La irradiación es un tratamiento que representa una alternativa cuarentenaria en contra de la mosca mexicana de la fruta y constituye un proceso físico que no deja ningún residuo indeseable en el alimento. En este trabajo se investigó el efecto de la dosis absorbida de irradiación y el periodo de maduración sobre la calidad de los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.), además del desarrollo de larvas. Se utilizaron frutos de guayaba en madurez fisiológica. En un primer experimento, los frutos de guayaba fueron infestados con huevecillos de mosca mexicana de la fruta (*A. ludens* L.), irradiados a 0, 150 y 300 Gy y colocados en un insectario por 15 d a 27 °C y 68 % de humedad relativa (HR) para el desarrollo de larvas. La irradiación tuvo efecto en la mortalidad de las larvas de forma que las larvas en los frutos irradiados murieron antes que en los frutos no irradiados. En un segundo experimento, los frutos de guayaba fueron irradiados a 0, 150 y 300 Gy y refrigerados a 10 ± 1 °C por 15 d con 80 % HR y almacenados a 20 °C para completar su maduración. Se realizaron evaluaciones a los 0, 3 y 6 d de la maduración. Los resultados mostraron que no hubo efecto significativo de la irradiación sobre la calidad de los frutos, con excepción de la firmeza y pérdida de peso. El periodo de maduración no mostró diferencia significativa para la firmeza de la cáscara, acidez y los sólidos solubles totales.

Palabras clave adicionales: *Anastrepha ludens*, *Psidium guajava* L., larvas, control de insectos.

ABSTRACT

The Mexican fruit fly (*Anastrepha ludens* L.) is a problem for fruit exportation because of the phytosanitary barriers established by importing countries. Irradiation is an alternative process for quarantine treatments against the Mexican fruit fly and constitutes a physical process that does not leave residues in foods. The effect of the irradiation absorbed dose and ripening periods on the quality of guava fruits and larvae survival was evaluated. Matured guava (*Psidium guajava* L.) fruits at physiological maturity were used. In a first experiment, guava fruits were infested with Mexican fruit fly eggs. Afterwards, the fruits were irradiated at 0, 150 and 300 Gy, and were put into an insectarium for 15 d at 27 °C and at 68 % relative humidity (RH) to allow larvae growth. The irradiation doses showed effect on larvae mortality. Larvae of irradiated fruits died before those of non irradiated fruits. In a second experiment, guava fruits were irradiated at 0, 150 and 300 Gy and stored at 10 ± 1 °C for 15 d at of 80 % RH. After this period the fruits were stored at 20 °C until ripening. Evaluations were done at 0, 3 and 6 d of ripening. Data showed that irradiation did not affected quality fruits except for firmness and weight loss. The ripening periods did not show significant differences for peel firmness, acidity and total soluble solids.

Additional key words: *Anastrepha ludens*, *Psidium guajava* L., larvae, insect control.

INTRODUCCIÓN

La guayaba pertenece al género *Psidium* L. de la familia de las Myrtaceae, la cual está constituida por aproximadamente 100 especies originarias de América Tropical y Subtropical (Mc Vaugh, 1963; citado por Saucedo y Hernández, 1990). Sin embargo, la especie más importante es la *Psidium guajava* L. La guayaba es considerada una de las frutas tropicales exóticas y versátiles a nivel mundial, ya que no sólo se puede consumir en fresco, sino también en una gran variedad de productos semi-industriales e industriales. El comercio internacional de la guayaba en fresco es muy pequeño, en comparación con otros productos frutales con producción menos dispersa como el mango. Sin embargo, este cultivo ha venido cobrando auge durante los últimos años debido a los nuevos regímenes alimenticios de la población a nivel mundial (ASERCA, 1998).

En México, más del 80 % de la producción de guayaba es destinada al consumo en fresco, debido a su alto contenido de vitamina C, fibras y sobre todo por su exquisito sabor, por lo que esta fruta es considerada dentro de las 10 más importantes producidas en nuestro país. En los últimos siete años la producción nacional de guayaba ha registrado una tasa de crecimiento anual del 5 % (Agroenlinea, 2001) y por consiguiente, si se contempla su exportación se requiere que esté libre de mosca de la fruta, por lo cual la irradiación se ubica como una alternativa fitosanitaria.

En la actualidad México prácticamente no exporta guayaba en fresco. Su mercado natural, donde tendría ventajas competitivas, es Estado Unidos, el cual establece barreras fitosanitarias a la importación por la existencia de la mosca de la fruta en las principales regiones productoras del país (ASERCA, 1996).

Dada la importancia del amplio uso del fruto, se han buscado diversos métodos para combatir los problemas que causa la mosca mexicana de la fruta, lo cual restringe su comercialización y exportación a otros lugares ya que ocasiona pequeñas manchas en la superficie del fruto, destrucción de la pulpa comestible, caída del fruto y putrefacción causada por la introducción de microorganismos en el fruto (Paull, 1994). La mosca mexicana de la fruta pertenece al orden Díptera y a la familia Tephritidae. Existen en el mundo alrededor de 4000 especies de estos insectos y en México se encuentran más de 100 de ellas (Aluja, 1993). Las moscas más perjudiciales, en orden de importancia económica y cuarentenaria, pertenecen a los géneros *Ceratitis*, *Dacus*, *Anastrepha*, *Rhagoletis* y *Toxotrypana* (Mata y Rodríguez, 1990).

En este contexto, para facilitar el intercambio comercial y evitar la introducción de estas plagas en zonas libres, se han desarrollado técnicas que se denominan “tratamientos cuarentenarios”, los cuales según conveniencia y acuerdo entre las partes o gobiernos comprometidos se emplean en los frutos y vegetales de exportación, asegurando la exclusión del agente problema. Dentro de los tratamientos cuarentenarios se encuentran los métodos por calor, por frío, atmósferas insecticidas e irradiaciones.

A nivel mundial se ha prohibido la utilización de productos de fumigación catalogados como peligrosos para la salud y el medio ambiente (bromuro de metilo y óxido de etileno) y tienen estrictas reglamentaciones de cuarentena que prohíben la entrada de frutas y vegetales de países con plagas endémicas objeto de cuarentena; los productos frescos de estos países tienen que ser sometidos a tratamientos autorizados antes de su importación, por lo que la irradiación es el tratamiento que mejor podría cumplir con las reglamentaciones de cuarentena. La irradiación de alimentos es un tratamiento aplicado mediante energía gamma; consiste en exponer los alimentos, ya sea envasados o a granel, a una cantidad controlada de radiación ionizante durante un determinado tiempo con ciertos objetivos específicos (Prieto, 1997).

La irradiación de granos, frutas y vegetales está aprobada por la FDA para el control de insectos y en México existe la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SSA1-1993, donde se especifica la irradiación de los alimentos. Las frutas y vegetales pueden ser irradiados para inhibir el crecimiento de bacterias o para alterar los rangos de maduración y así obtener un tiempo más prolongado de la vida de anaquel (Thayer y Rajkowski, 1999). La radiación ionizante tiene distintas ventajas como tratamiento cuarentenario. Entre ellas están la aplicación a productos que ya están empacados, una baja incidencia de daños para muchos productos hortofrutícolas, la inexistencia de residuos y la rapidez en la aplicación del tratamiento (Dória *et al.* 2007).

Estudios realizados sobre los efectos de la irradiación en especies de mosca de la fruta han demostrado que una dosis adsorbida de 150 Gy, o menor, produce un 99.997 % de mortalidad para la prevención de adultos normales. Diversos estudios han demostraron que la mosca es sensible a la radiación, debido a las diferencias encontradas entre las propias especies, además de la edad y etapa de desarrollo de las moscas. Se ha reportado que la mayor parte de las frutas toleran valores de dosis superiores a los 150 Gy, por ejemplo la papaya, el kiwi, entre otras, admiten dosis de 1 kGy o mayores. La tolerancia de la dosis depende de factores como lugar de origen del producto, cultivo, práctica de manejo y condiciones locales (Prieto, 1997).

En el presente estudio se investigó el efecto de la irradiación y periodo de maduración sobre la calidad de los frutos de guayaba almacenados en refrigeración, evaluando pérdidas de peso, firmeza, color, vitamina C, acidez titulable y sólidos solubles totales. Además, se evaluó el efecto de la irradiación sobre el desarrollo de larvas de *Anastrepha ludens* en los frutos de guayaba infestados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se utilizaron frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) cosechados en madurez fisiológica, provenientes de la zona productora de Zitácuaro, Michoacán, México, cuyo traslado se

coordinó a través de la Central de Abastos del D. F. La fruta fue de la calidad extra verde, de exportación.

Tratamiento de cuarentena

Se realizó una infestación de frutos con larvas de mosca de la fruta (*Anastrepha ludens*). Se aplicó después un tratamiento cuarentenario que consistió en someter los frutos infestados a un proceso de irradiación, aplicando tres tratamientos (0, 150 y 300 Gy). Posteriormente, se dejaron los frutos el tiempo necesario para la observación de larvas, de acuerdo con el ciclo biológico reportado por Aluja (1993).

Tratamiento de frigoconservación y maduración

El tratamiento de frigoconservación consistió en almacenar los frutos irradiados a una temperatura de 10 ± 1 °C y 80 % de humedad relativa (HR), por un periodo de 15 d. Posteriormente, los frutos fueron almacenados a temperatura de comercialización (20 °C) durante 6 d más.

Establecimiento de los experimentos y variables evaluadas

Experimento 1. Evaluación de la irradiación como tratamiento cuarentenario en contra de *Anastrepha ludens* L. en frutos de guayaba. Este estudio se realizó en el insectario del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, Texcoco, México, donde se proporcionó el material biológico y donde se estableció la cría masiva de *A. ludens* L. y se realizó la infestación de los frutos de guayaba. La evaluación de larvas se realizó en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ingeniería Agroindustrial, ubicado en Chapingo, Texcoco, México

Material biológico

A una colonia de *A. ludens* del insectario se le proporcionó una media naranja artificial como lugar de oviposición; se obtuvieron los huevecillos y se colocaron en cajas de Petri con benzoato de sodio al 1 % como desinfectante. Después de 5 d, las larvas eclosionaron y fueron colocadas en un recipiente con la dieta (polvo) para su alimentación, a la cual se agregaba un poco de agua. Después de 15 d, las larvas comenzaron a pupar y se dejó de agregar agua a la dieta. Las pupas se colocaron en pequeños recipientes una vez contadas para tener el mismo número de moscas en cada jaula (1166 adultos/jaula) y transcurrió una semana para que las moscas comenzaran a emerger.

Para confinar los adultos de *A. Ludens* se contó con jaulas con medidas de 30 cm por lado, con piso y techo de madera, tres paredes con malla mosquitera de plástico y la pared frontal con una placa de vidrio movable verticalmente. El alimento se proporcionó en cajas de Petri y a cada jaula se le acondicionó un bebedero mediante frascos de plástico y en la tapa de plástico se hizo una abertura donde se colocó una mecha de algodón para suministrar agua.

Infestación

Cuando las moscas alcanzaron la madurez sexual (8-10 d de la emergencia) (Santiago, 1992), se introdujeron los frutos a las jaulas para que fueran infestados. El tiempo de oviposición fue de 2 h. Después, los frutos fueron retirados de las jaulas y se colocaron aleatoriamente 25 frutos por caja de cartón, lo cual se consideró como unidad experimental de esta fase. Posteriormente, los frutos se trasladaron al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) dentro de 14 h, para irradiar a dosis de 0, 150 y 300 Gy, lo que tomó alrededor de 6 h. Finalmente los frutos fueron regresados al insectario y colocados en jaulas individuales, para observar el desarrollo de larvas, después de 15 d de la oviposición. En total se utilizaron 75 frutos (25 frutos para cada dosis).

El equipo de irradiación fue de marca Nordion (Modelo Gammacell 220, Canadá), con una cámara de irradiación de 15 cm (6") de diámetro x 20 cm (8" 1/8) de altura, que contaba con Cobalto-60 con una actividad de 631 Ci al 1 de enero de 1997 (Liceaga *et al.*, 1997).

Desarrollo de larvas

Se realizaron cortes transversales y longitudinales de los frutos para contabilizar el posible desarrollo de larvas. La fruta sobremadura fue desmenuzada para separar los huevecillos y larvas de la pulpa. Los huevecillos se colocaron en cajas de Petri para ser observados al microscopio estereoscópico e identificar que efectivamente las larvas que se obtuvieron fueron de *A. ludens* y no de *Drosophila melanogaster*. Esta variable se analizó como porcentaje de larvas eliminadas con respecto al total encontrado en los frutos testigo.

Experimento 2. Evaluación de los cambios de la calidad en frutos de guayaba irradiados. Los frutos fueron seleccionados por tamaño, eliminando aquellos dañados y con grado de madurez avanzado. Posteriormente se dividieron en tres lotes de 50 frutos cada uno y se establecieron los tratamientos a tres dosis de irradiación (0, 150 y 300 Gy). Los frutos fueron irradiados en el ININ en un periodo de 6 h y refrigerados por 15 d. Las evaluaciones se realizaron en frutos antes de ser almacenados en refrigeración, a la salida de la frigoconservación y en cada uno de los periodos de maduración. Para la evaluación se consideraron las variables descritas a continuación.

Pérdidas de peso

Este parámetro se registró en frutos destinados a la evaluación de pruebas no destructivas. Se utilizó una balanza granataria eléctrica (OHAUS Corporation Florham Park, USA), con capacidad de 200 ± 0.01 g y se calculó el porcentaje de la pérdida fisiológica de peso (% PFP), mediante la Ecuación (1):

$$\% PFP = \frac{100(P_i - P_f)}{P_i} \quad (1)$$

donde P_i es el peso inicial del fruto fresco y P_f el peso final a la salida de cada tratamiento.

Sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles totales se determinó de acuerdo al método descrito por la AOAC (1990), mediante un refractómetro Baush and Lomb®, haciendo la correspondiente corrección por temperatura al momento de la determinación. Los resultados se reportaron en °Brix.

Color

Se midió el color en la epidermis de las frutas destinadas a determinaciones no destructivas mediante un colorímetro Hunter Lab Mini Scan Xplus (modelo L40, Hunter Associates Laboratory, Inc, U.S.A.), con observador de 10° e iluminante D₆₅, usando la escala CIEL*a*b*. Para tener mayor exactitud de los cambios de color en los frutos, se marcó un punto estratégico de la superficie externa de la cáscara en donde se monitoreó el color y, posteriormente, se determinó la luminosidad, pureza del color, ángulo de tono y diferencia de color en la cáscara del fruto (McGuire, 1992).

Firmeza en cáscara y pulpa

Para este parámetro se tomó como eje de medición la línea ecuatorial del fruto y se monitoreó la firmeza en tres puntos de la fruta, registrándose también el rompimiento de la epidermis. Se utilizó el Analizador de Textura TA-XT2i (Stable Micro System, Surrey, Inglaterra) y se evaluó la firmeza de la cáscara y de la pulpa con una velocidad de pre-ensayo de 2.0 mm·s⁻¹, velocidad de ensayo de 1.0 mm·s⁻¹, velocidad de post-ensayo de 3 mm·s⁻¹ y distancia de 4 mm. La sonda fue un puntal de aguja de 2 mm de diámetro (P/2N) y los resultados se reportaron en gramos fuerza (g_f).

Vitamina C

El contenido de ácido ascórbico se cuantificó con el método de la AOAC (1990), el cual está basado en el hecho de que el ácido ascórbico reduce el indicador redox 2,6-diclorofenol-indofenol dando una solución decolorada, el exceso de indicador no reducido es de color rosa en medio ácido. Los resultados se expresaron como mg de ácido ascórbico (100 g⁻¹) de muestra.

Acidez titulable

Se determinó de acuerdo al método de la AOAC (1990) neutralizando 5 mL de alícuota de solución filtrada de la muestra de guayaba con NaOH 0.1 N, con el uso de fenofaleína como indicador. Los datos se expresaron como porcentaje de ácido cítrico.

Diseño experimental

Se tuvieron 12 tratamientos definidos a partir de la consideración de dos factores de variación: dosis absorbida,

aplicada con tres niveles (0, 150 y 300 Gy) y tiempo de almacenamiento de frigoconservación, considerado con cuatro niveles (inicial, 0, 3 y 6 días). La unidad experimental consistió de tres frutos y se consideraron cuatro repeticiones.

El análisis estadístico de la información generada se realizó mediante el paquete SAS (SAS Institute, 1989). El diseño experimental fue un bloques completos al azar (DBCA), en parcelas divididas, en el que se incluyeron los datos de referencia o testigo (0 Gy) como otro tratamiento y donde la parcela mayor fueron 50 frutos tratados a una dosis de irradiación, la cual se dividió para evaluar el efecto del periodo de maduración (parcela menor) y las repeticiones se consideraron bloques dada la variabilidad del fruto. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD) con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo de larvas de *Anastrepha ludens* L.

En el Cuadro 1, se observa que la mortalidad larvaria fue menor a 150 Gy, es decir, la eliminación de larvas fue mucho mayor que en los otros tratamientos. En los frutos testigo predominó un mayor número de larvas. Cabe mencionar que en los tres tratamientos el número de huevecillos y larvas no fue el mismo. Es posible que la variación en el número de larvas y huevecillos encontrados en los tratamientos se deba al comportamiento de la mosca de la fruta, es decir, de 14:00 a 19:00 horas la mosca es activa sexualmente, mientras de las 7:00 a las 14:00 horas la mosca realiza la infestación (ovoposición) en forma más efectiva. Los tratamientos de infestación se realizaron de 14:00 a 19:00 horas.

Bustos *et al.* (1987), encontraron que al irradiar mangos y naranjas aplicando una dosis de 1 krad (10 Gy) a huevecillos (de *Anastrepha*), con 36, 72 y 96 h de haber sido ovipositados, no hubo emergencia de adultos. Asimismo, hallaron que con dosis de 3 krad (30 Gy) en mangos y 45 krad (450 Gy) en naranjas se inhibió el crecimiento de larvas y la pérdida de nutrientes de los frutos no fue significativa. Por otro lado, Toledo *et al.* (1989), reportaron que al irradiar chicozapote infestado con larvas de tercer estadio de *A. sepertina*, a medida que se incrementó la dosis absorbida de rayos gamma de Cobalto-60 la mortalidad larvaria también se incrementó a partir de los 4 krad (40 Gy). Dória *et al.* (2007) aplicaron en guayabas dosis de irradiación

Cuadro 1. Número de huevecillos y larvas desarrollados en frutos de guayaba irradiados.

	Tratamientos (Gy)		
	0	150	300
Número de huevecillos	61	166	83
Número de larvas	366	150	307
Eliminación de larvas (%)	0	59.02	16.17

gamma de 0, 50, 100, 150, 200 y 250 Gy y después de 15 días no encontraron emergencia de estados adultos de la Mosca del Mediterráneo a partir de pupas y larvas.

Observaciones generales de larvas

Las larvas obtenidas en los frutos irradiados a 150 y 300 Gy presentaron un color amarillo canario a café claro, desde la parte del abdomen hasta los espiráculos, lo que se ha atribuido a los efectos de la irradiación, además de que una vez separadas de la pulpa del fruto y puestas en una caja de Petri con agua esterilizada dichas larvas murieron después de media hora, en comparación con los frutos testigo, donde las larvas permanecieron vivas alrededor de quince días en refrigeración a 10 °C y presentaron un color de blanco a crema pálido, aunque estaban un poco más pequeñas (etapa intermedia de crecimiento) que las de los frutos irradiados (etapa final de crecimiento).

Efecto de la irradiación y frigoconservación en la maduración de frutos de guayaba.

Para las variables sólidos solubles totales, luminosidad, pureza del color, ángulo de tono, diferencia de color, acidez titulable total y vitamina C no se observó un efecto considerable de la irradiación y frigoconservación sobre la maduración de los frutos de guayaba debido a que los frutos irradiados presentaron un comportamiento similar al de los frutos no irradiados conforme avanzó el periodo de almacenamiento a temperatura ambiente. Sin embargo, las variables pérdida de peso, firmeza de la pulpa y cáscara presentaron un comportamiento diferente entre los frutos irradiados y no irradiados, lo cual se explica a continuación.

Pérdidas de peso

Las pérdidas fisiológicas de peso mostraron un incremento continuo durante el periodo de maduración elevándose a 16.28 % después de 6 d en condiciones ambientales, registrándose un incremento considerable en los frutos testigo y los frutos irradiados a 300 Gy. Las mayores pérdidas se presentaron en los frutos testigo con un 28.11 %, reflejado en la deshidratación del fruto, en tanto que las menores pérdidas se presentaron en los frutos irradiados a 150 Gy con 16.33 %, ambos a los 6 d del periodo de maduración (Figura 1).

En la Figura 1 se observa que la irradiación no tuvo influencia en el incremento de las pérdidas fisiológicas de peso, sino al contrario, ayudó a minimizar esta variable en un 4 % para la dosis de 300 Gy y de 12 % a una dosis de 150 Gy, con respecto a los frutos testigo.

Firmeza en la pulpa

En la Figura 2 se muestra que los valores más altos de firmeza obtenidos fueron al inicio del experimento. Después de transcurrido el periodo de frigoconservación se registró en los diferentes tratamientos una pérdida de firmeza de más del 50 % con respecto a los valores iniciales. La pérdida de firmeza tuvo una tendencia a disminuir conforme avanzó el periodo de

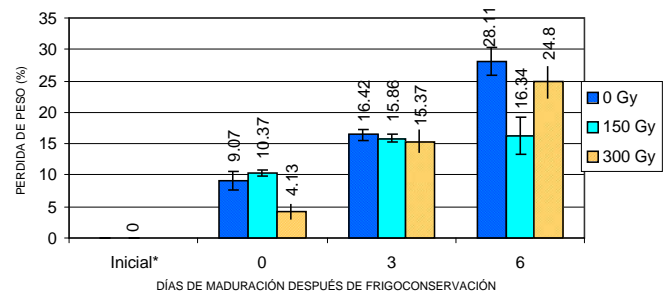


Figura 1. Efecto de la irradiación y frigoconservación sobre la pérdida de peso en la maduración de frutos de guayaba. Inicial*: valores obtenidos después de irradiación y antes de frigoconservación.

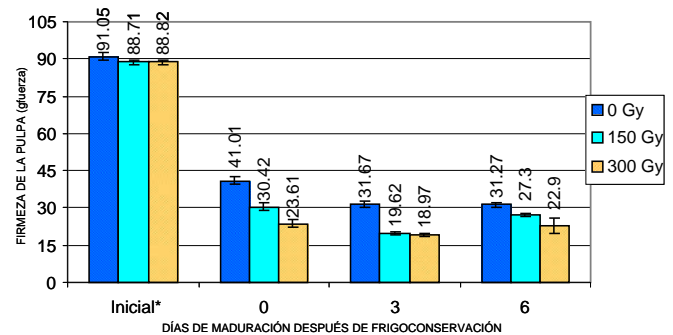


Figura 2. Efecto de la irradiación y frigoconservación sobre la firmeza de la pulpa en la maduración de frutos de guayaba. Inicial*: valores obtenidos después de irradiación y antes de frigoconservación.

maduración tanto para los frutos testigo como para los frutos irradiados.

Firmeza en la cáscara

Al inicio del experimento, tanto los frutos tratados, como los frutos testigo, presentaron valores similares de firmeza, sin embargo, al transcurrir el periodo de frigoconservación esta variable disminuyó en los diferentes tratamientos, aunque los frutos sin irradiar registraron mayor firmeza de la cáscara, lo cual se mantuvo con el paso del tiempo a temperatura ambiente. Por otro lado, los frutos irradiados (150 y 300 Gy) presentaron una tendencia a disminuir, pero fue más notorio para el tratamiento a 300 Gy (Figura 3).

Efecto de la irradiación en frutos de guayaba frigoconservados y madurados a temperatura ambiente.

Las variables pérdida de peso, ángulo de tono, pureza del color, diferencia de color, vitamina C y sólidos solubles totales no presentaron diferencias significativas con respecto al control, lo cual indicó que la irradiación no tuvo efecto significativo sobre estas variables. Sin embargo, para la luminosidad de la cáscara, firmeza de la pulpa y cáscara, los frutos testigo (0 Gy) presentaron diferencias significativas con respecto a los frutos irradiados a

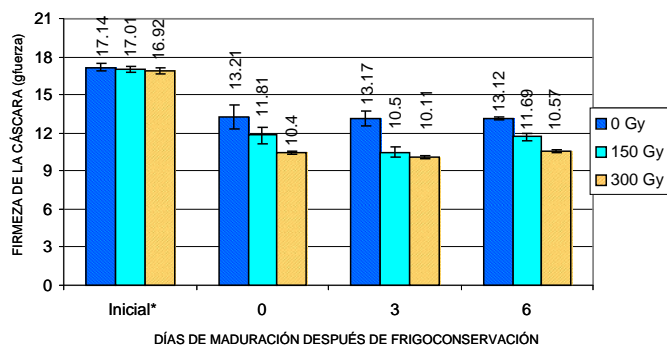


Figura 3. Efecto de la irradiación y frigoconservación sobre la firmeza de la cáscara en la maduración de frutos de guayaba. Inicial*: valores obtenidos después de irradiación y antes de frigoconservación.

150 y 300 Gy. Mientras que para la acidez titulable total los tratamientos a 0 y 150 Gy no tuvieron diferencia significativa entre sí, pero con respecto al tratamiento a 300 Gy se encontró diferencia estadística (Cuadro 2).

Efecto del periodo de maduración en frutos de guayaba irradiados y frigoconservados

El análisis de los datos obtenidos para las variables firmeza de la cáscara, acidez titulable y los sólidos solubles totales no presentó diferencia significativa. Para las demás variables (pérdida de peso, luminosidad, ángulo de tono, pureza del color, diferencia de color, firmeza de la pulpa y vitamina C), el periodo de maduración tuvo efecto significativo para los diferentes días de almacenamiento (Cuadro 3). Singh y Pal (2009) reportaron que en guayabas en preclimaterio, expuestas a una dosis de hasta 250 Gy se retardó el proceso de maduración y se mantuvo la calidad del fruto a temperatura ambiente hasta por 8 d, sin embargo, los beneficios de la irradiación disminuyeron durante almacenamiento refrigerado a 10 °C por 10 d.

Cuadro 2. Efecto del proceso de irradiación en frutos de guayaba frigoconservados y madurados a temperatura ambiente.

Variable	Tratamientos (Gy)		
	0	150	300
Pérdida de peso (%)	13.39 a	10.64 a	12.63 a
Luminosidad (%)	74.80 a	72.39 b	72.25 b
Ángulo de tono (Hue)*	82.30 a	82.64 a	83.04 a
Pureza del color (Croma)	56.88 a	56.25 a	56.63 a
Diferencia de color (ΔE)	7.17 a	7.83 a	8.43 a
Firmeza de la pulpa (g _p)	48.75 a	41.51 b	38.58 b
Firmeza de la cáscara (g _p)	14.16 a	12.75 b	11.99 c
Vitamina C [mg ácido ascórbico (100 g muestra) ¹]	326.89 a	321.04 a	316.79 a
Acidez titulable total (% ác. cítrico)	1.16 a	1.07 ab	0.99 b
Sólidos solubles totales (°Brix)	10.24 a	10.59 a	10.16 a

Medias seguidas de la misma letra son iguales ($\alpha=0.05$), filas.
*Valores expresados de 0-180 ° usando el cuadrante I y II.

Cuadro 3. Efecto del periodo de almacenamiento en frutos de guayaba irradiados y frigoconservados.

Variable	Días de almacenamiento			
	Inicial*	0	3	6
Pérdida de peso (%)	0d	9.92 c	15.88 b	23.08 a
Luminosidad (%)	72.69**		76.03 a	73.64 b
Ángulo de tono (°)	88.18 a	83.43 b	81.75 c	77.27d
Pureza del color	56.71 b	59.79 a	57.65 b	52.19c
Diferencia de color	0 c	8.52 b	9.36 b	13.35a
Firmeza de la pulpa (g _p)	89.53 a	31.68 b	23.42 d	27.16 c
Firmeza de la cáscara g _p)	17.03 a	11.81 b	11.26 b	11.79 b
Vitamina C [mg ácido ascórbico (100 g muestra) ¹]	370.14 a	357.46 a	302.81 b	255.89 c
Acidez titulable total (% ácido cítrico)	1.35 a	1.02 b	1.00 b	0.93 b
Sólidos solubles totales (°Brix)	9.63 b	11.19 a	10.25 ab	10.25 ab

Medias en filas seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$), filas.

*Valores obtenidos después de irradiación y antes de frigoconservación.

**Valor expresado de 0-180 ° usando el cuadrante I y II.

CONCLUSIONES

La irradiación produjo la mortalidad de las larvas de *Anastrepha ludens* L. Las larvas de los frutos irradiados murieron mucho antes que las de los frutos testigo. Con excepción de la firmeza y pérdida de peso, las variables evaluadas en este experimento no presentaron efecto significativo con la dosis de irradiación. Por otro lado, se observó una influencia del periodo de maduración sobre las variables de respuesta evaluadas a excepción de la firmeza en la cáscara, la acidez titulable y sólidos solubles totales.

LITERATURA CITADA

- Agroenlinea 2001. www.agroenlinea.com/agro/portlets/aeconomia/economicbody.
- Aluja S.M. 1993. Manejo integrado de la mosca de la fruta. Ed. Trillas. México, D. F. 241 p.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Edited by Kennet Helrich. Fifteenth Edition. 1298 P.
- ASERCA. 1996. <http://www.infoaserca.gob.mx/proafex/Guayaba>.
- ASERCA. 1998. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades>.
- Bustos R, M. E. 1987. Aplicación de la irradiación para la desinfectación de mango (*Mangifera indica* L.) Kent y naranja (*Citrus sinenses* O.) Valencia. Tesis de Maestría en Industrialización de Frutas. Escuela Nacional de Fruticultura. Comisión Nacional de Fruticultura-SARH. México, D. F. 83 p.
- Dória H.O.S.; Albergaria N.M.M.S.; Arthur V.; De Bortoli S.A. 2007. Effect of gamma radiation against the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in guava fruits. Bol. San. Veg. Plagas 33: 285-288.
- Saucedo V.C.; Hernández G.J. 1990. Fisiología y manejo postcosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Trabajo de campo.

- Departamento. Ingeniería Agroindustrial. UACH. Chapingo, México. 53 p.
- Liceaga C.G.; Martínez A.L.; Méndez T.D.; Ortiz A.G.; Olivera V.R. 1997. Servicio de Irradiación Gamma en México. *In* Seminario nacional de irradiación de alimentos: memorias. ININ. Toluca, México. pp: 45-51.
- McGuire R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27: 1254-1255.
- Mata M.I.; Rodríguez M.A. 1990. Cultivo y producción de guayaba. Editoria Trillas. México. pp:9-18, 34-40, 117-125.
- Paul R.E. 1994. Response of tropical horticultural commodities to insect disinfestation treatments. *Hortscience* 29(9): 988-996.
- Prieto M.E.F. 1997. La irradiación como tratamiento de cuarentena. Instituto de Investigaciones de la Industria Alimentaria. *In*: Tratamientos físicos de cuarentena en frutos tropicales y subtropicales. La Habana, Cuba. pp: 53-56.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT® User's Guide, Version 6, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 893 p.
- Singh S.P.; Pal R.K. 2009. Ionizing radiation treatment to improve postharvest life and maintain quality of fresh guava fruit. *Radiation Physics and Chemistry* 78:135-140.
- Thayer D.W.; Rajkowski K.T. 1999. Developments in irradiation of fresh fruits and vegetables. *Food Technology* 53(11): 62-65.
- Toledo A.J.; Fong G.A.; Enkerlin H W. 1989. Irradiación gamma (Co60) como tratamiento postcosecha para chicozapote infestado por *Anastrepha serpentina* Wied. (*Dipter tephritidae*). Programa Moscamed. DGSV-SARH. 67 p.