



Universidad Autónoma de Querétaro



FACULTAD DE QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION Y POSGRADO EN ALIMENTOS

REPORTE FINAL DE PROYECTO

La aplicación de irradiación gamma como tratamiento cuarentenario, y sus efectos sobre la calidad de diferentes variedades y tamaños de mango crecidos en diferentes regiones de México.

Presentado por

Dr. Edmundo Mercado Silva

Para

The National Mango Board

Abril 2010

INDICE

1.0 Resumen ejecutivo

2.0 Objetivos propuestos

3.0 Desarrollo de los trabajos

3.1 Diseño experimental y metodología aplicada.

3.2 Origen y cosecha de los frutos

3.3 Selección, clasificación, empaque y transporte de los frutos

3.4 Aplicación de los tratamientos de irradiación

3.5 Distribución de las dosis aplicadas

4.0 Resultados obtenidos

4.1 Cambios en la calidad de los frutos durante el almacenamiento

4.1.1 Efecto del tamaño de los frutos

4.1.2 Cambios en la calidad Visual externa e interna de los frutos

4.1.2.1 Variedad 'Tommy Atkins'

4.1.2.2 Variedad 'Haden'

4.1.2.3 Variedad 'Kent'

4.1.2.4 Variedad 'Keitt'

4.1.2.5 Variedad 'Ataulfo'

4.1.2.6 Variedad 'Manila'

4.1.2.7 Consideraciones generales de calidad externa e interna

4.1.3 Cambios en los factores fisicoquímicos

4.1.3.1 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango 'Tommy Atkins'

4.1.3.2 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango 'Haden'

4.1.3.3 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango 'Kent'

4.1.3.4 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango 'Keitt'

4.1.3.5 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango 'Ataulfo'

4.1.3.6 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango 'Manila'

4.1.3.7 Consideraciones generales de los factores fisicoquímicos

4.2 Resumen general de resultados

5.0 Conclusiones

Anexos.

Anexo 1. Operaciones de cosecha, empaque e irradiación de mango

Anexo 2. Dosis mínima, máxima, mediana y media recibidas por los frutos de mango

Anexo 3. Valores de probabilidad de los efectos de dosis, temperatura de almacenamiento y madurez

Anexo 4. Comparación de medias de fisicoquímicos de mango 'Tommy Atkins'

Anexo 5. Comparación de medias de fisicoquímicos de mango 'Haden'

Anexo 6. Comparación de medias de fisicoquímicos de mango 'Kent'

Anexo 7. Comparación de medias de fisicoquímicos de mango 'Keitt'

Anexo 8. Comparación de medias de fisicoquímicos de mango 'Ataulfo'

Anexo 9. Comparación de medias de fisicoquímicos de mango 'Manila'

Anexo 10. Cambios de calidad visual externa e interna

Anexo 11. Cuadro general de resultados.

1. RESUMEN EJECUTIVO

Se evaluaron los cambios de calidad de los frutos de seis variedades de mango ('Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent', 'Keitt', 'Ataulfo' y 'Manila'), en dos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), procedentes de diferentes zonas de México, sometidos a diferentes rangos de irradiación gamma de ^{60}Co (0, 0.15-0.44; 0.50-0.88 y 0.87-1.52 kGy) en un irradiador industrial y almacenados a 10 y 20°C hasta por 19 días. Los factores evaluados fueron; la calidad visual externa e interna así como la calidad fisicoquímica de los frutos (firmeza, contenido de ácido ascórbico, acidez titulable, contenido de sólidos solubles totales, pérdida de peso, color de la pulpa y color de la piel).

Los cambios en la calidad visual externa e interna fueron factores importantes en la evaluación del efecto de la aplicación de la irradiación en los frutos de mango. Tomando en cuenta estas observaciones se determinó que todas las variedades en los dos estados de madurez estudiados no presentaron daños externos e internos cuando se sometieron a intervalos de irradiación de 0.15 a 0.44 kGy. No obstante, todas las variedades presentaron daños externos e internos cuando fueron expuestas a un rango de dosis de 0.92 a 1.52 kGy.

Los daños observados fueron; oscurecimiento de la piel y de la pulpa así como el desarrollo de tejido esponjoso. Los estudios indicaron que se debe evitar irradiar frutos en estado de madurez de $\frac{1}{4}$ siendo más recomendable irradiar frutos de $\frac{3}{4}$. Bajo esas restricciones, la dosis máxima tolerada dependió de la variedad; las variedades 'Kent' y 'Ataulfo' fueron la más tolerantes a la irradiación pudiendo resistir hasta 0.86 kGy; mientras que las variedades 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Manila' y 'Keitt' fueron más sensibles sugiriéndose que no se irradien por arriba de 0.6 kGy.

El almacenamiento de los frutos a 10°C, incrementó los daños provocados por la irradiación; los cuales fueron evidentes cuando se transfirieron los frutos a 20°C; demostrándose con ello que al estrés por irradiación se suma el estrés de baja temperatura.

Los datos de los análisis fisicoquímicos aplicados a las seis variedades mostraron que ninguna de las variables analizadas mostró ser un adecuado estimador del efecto de la dosis de irradiación debido a que las respuestas de estas variables dependen de la variedad, del estado de madurez y de las condiciones de almacenamiento de los frutos.

No obstante, cuando se observaron efectos negativos de la dosis de irradiación en cualquiera de las variables, estas generalmente se asociaron a dosis altas de irradiación en combinación con el estado de madurez $\frac{1}{4}$; por ello y en base a esos datos se recomienda procesar frutos en madurez $\frac{3}{4}$ y no se recomienda irradiarlos por arriba de las dosis indicadas para cada variedad;(0.86 kGy para 'Kent' y 'Ataulfo' y 0.6 kGy para 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Manila' y 'Keitt').

2. OBJETIVOS PROPUESTOS:

OBJETIVO PRINCIPAL: Determinar el efecto del estado de madurez y del nivel de irradiación sobre la calidad de seis variedades de mango.

OBJETIVOS SECUNDARIOS:

Identificar el estado de madurez y dosis máxima a los cuales deben ser sometidos los frutos sin alterar su calidad.

Identificar si el calibre de los frutos es un factor determinante en las respuestas visuales y fisiológicas a la irradiación.

3. DESARROLLO DE LOS TRABAJOS:

3.1 Diseño Experimental y metodología aplicada.

El diseño experimental propuesto fue un diseño completo de cuatro factores 4×2^3 con 2 réplicas, que generó un total de 32 tratamientos. Siendo los factores a estudiar la dosis de irradiación (0, 0.15, 0.60 y 1.00 kGy); el estado de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), el calibre de los frutos (calibre 8 o C8 y calibre 10 o C10); y la temperatura de almacenamiento (10 y 20°C). La unidad experimental en cada muestreo fueron tres frutos que conformaron un total de 192 frutos en cada periodo de muestreo.

Las variables de respuesta fueron: Pérdida de peso, firmeza de los frutos, color interno y externo, contenido de acidez, contenido de ácido ascórbico y contenido de sólidos solubles totales.

El proyecto original no consideró estudiar los cambios que presentan los frutos almacenados a 10°C cuando son transferidos a 20°C; este aspecto se incorporó después del primer muestreo de la primera variedad estudiada. Dada la cantidad de factores involucrados en el experimento fue necesario investigar cuál de ellos tenía menor importancia para los fines del proyecto. Se aplicó un análisis de varianza general utilizando el paquete estadístico JMP 5.0.1 y un test de comparación de medias (Tuckey 0.05) que determinó la significancia de cada uno de los factores. El factor calibre de los frutos tuvo menor significancia en comparación con los demás factores (Sección de Resultados).

Por lo anterior, el diseño experimental aplicado a las demás variedades fue un factorial completo $4 \times 2 \times 3$; de tres factores que comprendían la dosis de irradiación (0; 0.15; 0.60 y 1.00 kGy), estado de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$) y temperatura de almacenamiento (10 y 20°C y transferencias de 10 a 20°C). Esto conformó un total de 24 tratamientos para cada variedad los cuales tuvieron dos replicas. La unidad experimental la conformaron 3 frutos analizados de forma independiente para las mismas variables respuesta señaladas.

Para cumplir el objetivo central del proyecto respecto del efecto de las distintas dosis de radiación gamma en diferentes variedades de mango; en dos estados de madurez y almacenadas a dos temperaturas. Se realizaron análisis de varianza en los que se agruparon los datos de cada variable de respuesta para cada uno de los estados de madurez estudiados y para cada temperatura

de almacenamiento, y con ellos se analizó el efecto de las dosis de irradiación durante los días de almacenamiento y su correspondiente interacción. El análisis de varianza se realizó utilizando el paquete estadístico arriba mencionado y la comparación de medias se hizo a través de la prueba de Tuckey con un nivel de significancia de 0.05. Este análisis permitió describir de forma específica el efecto de las dosis de irradiación durante todo el periodo de almacenamiento, en cada estado de madurez y cada temperatura de almacenamiento.

La pérdida de peso se calculó por la diferencia de pesos de los frutos al inicio de los tratamientos y después de cada periodo de muestreo; la diferencia de peso encontrada se expresó como porcentaje respecto del peso inicial de cada fruto.

La firmeza de los frutos se registró a través de la compresión del fruto intacto (con piel); utilizando un texturómetro TA-HD equipado con una celda de carga de 70 Kgf equivalentes a 686.5 Newtons (N) y una sonda plana circular de 50 mm de diámetro y 20 mm de altura que descendía a una velocidad de 2 mm s⁻¹. El fruto fue colocado en posición horizontal sobre una placa plana y se comprimió hasta alcanzar 3% de deformación respecto de la altura máxima transversal del fruto; una segunda compresión fue aplicada al mismo fruto en el punto opuesto de la primera compresión (giro de 180°). Se registró la fuerza máxima para lograr la deformación indicada; los dos valores fueron promediados para registrar el valor de firmeza de cada fruto o unidad experimental.

El color externo se registró en la epidermis de la zona ecuatorial de los frutos, mientras que el color de la pulpa se midió en un corte longitudinal de los frutos siguiendo un plano paralelo a la semilla que se ubicó, imaginariamente, a 5 mm del centro del pedúnculo del fruto; una vez hecho el corte se eligió la zona central más cercana a la semilla donde se hizo la medición utilizando un espectrofotómetro portátil Minolta CM-2002 con iluminante C y observador a 2° y registrándose el valor a* de la escala internacional de color CIELAB.

El contenido de sólidos solubles totales se registró a 20°C en el jugo extraído de cada fruto a través de la lectura de los grados Brix y utilizando un refractómetro Marca Abbe previamente calibrado con agua destilada a la misma temperatura.

La acidez total fue registrada en una muestra de 10 g de pulpa adicionada de 10 mL de agua destilada que se homogeneizaron en un ULTRA TURRAX T25 por 30 s a 13500 rpm, una alícuota de 5 mL fue titulada con NaOH 0.1N utilizando fenolftaleína como indicador y calculándose el % de ácido cítrico de acuerdo al procedimiento de la AOAC (1998).

El contenido de ácido ascórbico se cuantificó siguiendo el método 43.059 de la AOAC (1998). Un gramo de pulpa se mezcló con 9 mL de ácido meta fosfórico al 3%, se homogeneizó y 5 mL del homogenado se valoraron con 2, 6 dicloro fenol indofenol previamente estandarizado con una solución de ácido ascórbico de concentración conocida.

3.2 Origen y cosecha de los frutos:

En el Anexo 1, se muestra una secuencia gráfica general de las operaciones seguidas durante el experimento desde la cosecha hasta su irradiación. Los frutos fueron cosechados de huertos certificados para la exportación de mango y reunidos en las instalaciones de empaque de dos empresas exportadoras asociadas a EMEX A.C. denominadas “El Colibri” y “Empacadora Arivania”

ubicadas en los estados de Michoacán y Nayarit respectivamente. La empresa El Colibrí proporcionó las variedades 'Haden' y 'Tommy Atkins' de las zonas de Tierra Caliente y Nuevo Urecho Michoacán cuyas cosechas se realizaron en Abril y Mayo del 2009; mientras que la Empacadora Arivania proporcionó la variedad 'Keitt' procedente de Escuinapa Sinaloa y las variedades, 'Manila', 'Ataulfo' y 'Kent' procedentes de la zona de Tecuala Nayarit cuyas cosechas se realizaron en Junio y Julio de 2009. El personal de estas empacadoras ayudó a la cosecha de los frutos que después fueron llevados a las instalaciones de empaque donde fueron clasificados por estado de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$). El estado de madurez fue determinado por el grado de llenado de los hombros y la apariencia externa de los frutos; de manera aleatoria se cortaron frutos para evaluar el color interno de la pulpa y este fue comparado con la carta de color actual que tienen las compañías exportadoras. El estado de madurez $\frac{1}{4}$ fue similar al color mínimo que deben tener los frutos para entrar al proceso hidro térmico (50% de color amarillo en la zona central de la pulpa del fruto); mientras que el estado $\frac{3}{4}$ fue el que tenían un estado de desarrollo ligeramente mayor que los frutos sazón con un grado avanzado de coloración amarilla de la pulpa (100% de color amarillo en el centro del fruto).

3.3 Selección, clasificación, empaque y transporte de los frutos

Una vez identificados y seleccionados por estado de madurez; los frutos fueron clasificados por tamaño y empacados en cajas de cartón corrugado siguiendo el mismo patrón de empaque que se tiene para los frutos de exportación. Las diferentes cajas fueron identificadas de acuerdo a los tratamientos de irradiación y condición de almacenamiento a los que serían sometidos; posteriormente todas las cajas fueron colocadas en pallets, flejadas, puestas en un transporte y llevadas a las Instalaciones de la Compañía Sterigenics en Tepejí del Rio Hidalgo. México.

En la planta irradiadora, se separaron las cajas que contenían los frutos control de aquellas que serían irradiadas; cada fruto se marcó y se pesó de forma individual y se regresó a su caja.

3.4 Aplicación de los tratamientos de irradiación.

Los tratamientos de irradiación se realizaron en la Cia Sterigenics la cual cuenta con una instalación industrial (blindaje para 5 millones de Curies con una fuente de ^{60}Co y capacidad para procesar hasta 20 ton de producto en forma continua), por ello tuvo que determinarse la mejor posición para tratar las cajas con las muestras.

Para evitar que dentro de los tratamientos hubiese una heterogeneidad amplia de las dosis en estudio; se realizaron ensayos previos para determinar la posición más adecuada de las cajas y sus tiempos de exposición frente a la fuente de irradiación. En cada caja, se colocaron dos dosímetros de alanina, uno en el fruto ubicado en el centro geométrico de la caja y el otro en uno de los frutos localizado en una esquina de la misma caja; después de cada tratamiento, los dosímetros se retiraron y se analizaron en un equipo de resonancia de spin electrónico (ESR, Bruker BioSpin's e-scan EPR, EUA) para registrar el nivel de dosis absorbida. Con los datos de dosis absorbida se determinó la distribución de dosis en cada caja y en el conjunto de cajas ubicadas en la cámara de irradiación.

La mejor posición fue colocar dos conjuntos de tres cajas en línea en el segundo piso de la cámara de irradiación como se indica en la figura 1.



FUENTE IRRADIACIÓN ^{60}Co

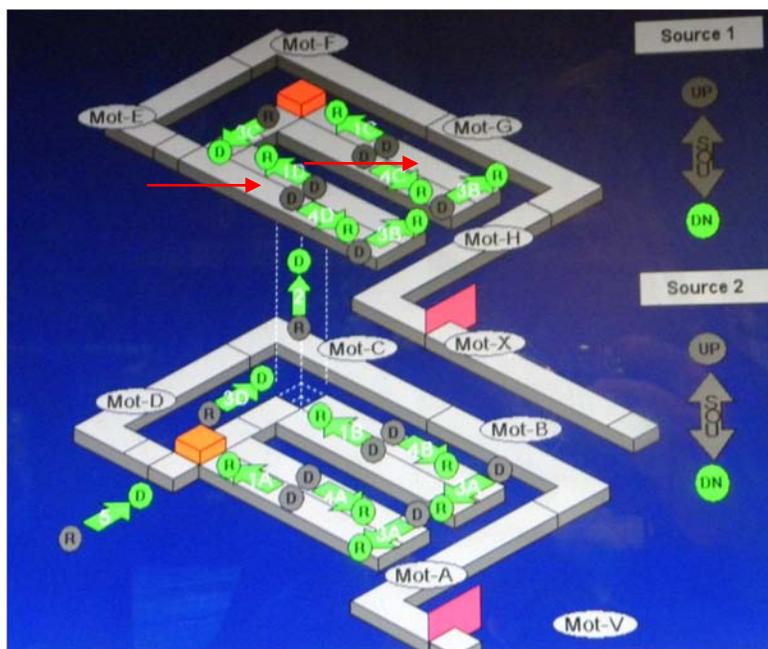


Figura 1. Distribución de cajas de mango frente a la fuente de irradiación de ^{60}Co . Las flechas negras indican los frutos donde se colocaron los dosímetros (centro y esquina de cada una de las cajas). Las cajas fueron colocadas en el segundo nivel de la cámara de irradiación en el riel que indican las flechas rojas (figura inferior).

3.5 Distribución de las dosis aplicadas

La figura 2 muestra los promedios de la dosis mínima, máxima, mediana y media a las que fueron sometidos los frutos de las distintas variedades durante los experimentos; y el anexo 2 recopila esos datos y los registrados en los frutos ubicados en el centro y en la esquina de las cajas. De conformidad con la tecnología de irradiación por rayos gamma; esta no se distribuyó homogéneamente en las diferentes cajas; los frutos que estuvieron cerca de la fuente de irradiación registraron las mayores dosis respecto de los que estuvieron en el centro geométrico de las cajas que registraron las dosis menores indicando una disminución gradual de la dosis desde la superficie externa hasta el centro de las cajas. Los intervalos de dosis registrados para todas la variedades fueron de 0.15 – 0.44; 0.50 – 0.88 y de 0.87 – 1.52 kGy para las dosis nominales de 0.15, 0.60 y 1.00 kGy respectivamente. Estos datos muestran que los intervalos de radiación no se traslaparon en las diferentes variedades y por tanto las observaciones realizadas respecto de los efectos de la dosis en la calidad de los frutos puede adjudicarse a los intervalos de dosis previamente señalados.

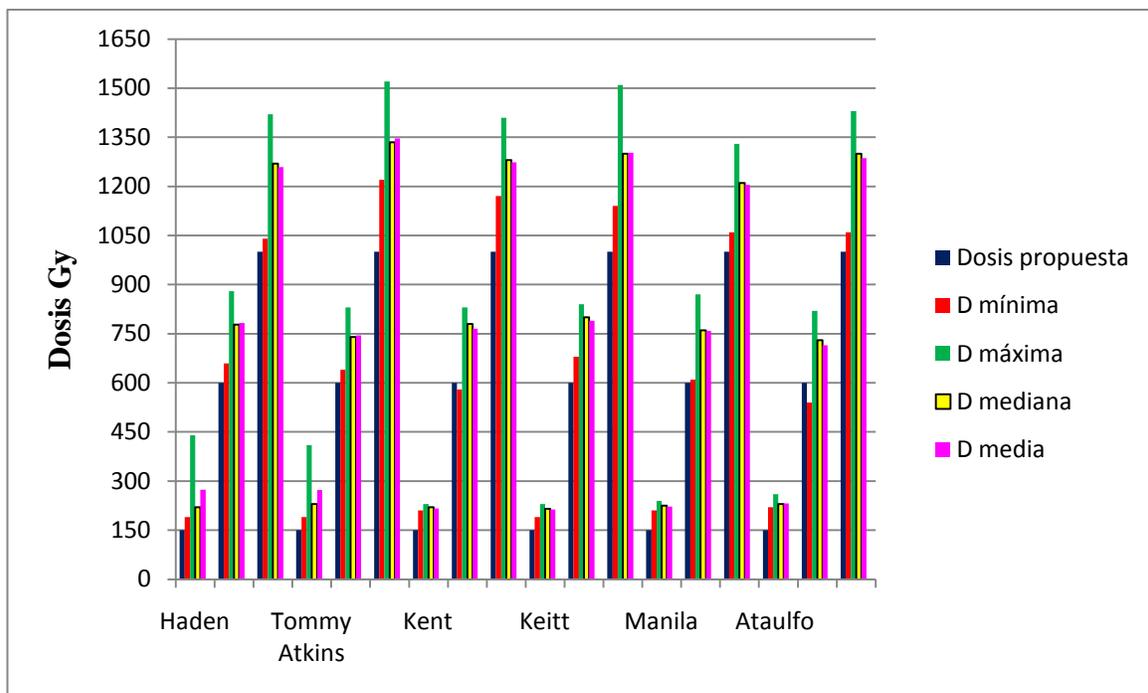


Figura 2. Comparación de la dosis mínima, máxima, mediana y media aplicadas a diferentes variedades de mango respecto de la dosis propuesta en los experimentos.

Una vez terminados los tratamientos de irradiación, las cajas fueron nuevamente colocadas en un pallet, flejadas y transportadas a la Universidad Autónoma de Querétaro para su almacenamiento y análisis.

4 RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Cambios en la calidad de los frutos durante el almacenamiento

4.1.1 Efecto del tamaño de los frutos.

El proyecto inicial consideró un diseño factorial completo de cuatro factores a dos niveles que generó un esquema de 32 tratamientos para cada una de las variedades; los factores fueron; estado de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$); tamaño de fruto (Calibres 8 y 10 o C8 y C10); tratamiento de irradiación (0, 0.15, 0.60 y 1.00 kGy); temperaturas de almacenamiento (10 y 20°C) con dos repeticiones. En la variedad 'Tommy Atkins' (primera variedad estudiada); se analizó el efecto de cada uno de estos factores; el Cuadro 1 muestra el valor de probabilidad para cada uno de los factores estudiados. El factor tamaño tuvo un efecto menos significativo en las variables de respuesta estudiadas y por ello se tomó la decisión de eliminar este factor en las otras cinco variedades. No obstante, dado que el almacenamiento a 10°C podría tener interacciones con la dosis recibida, se estudió la transferencia de frutos de 10 a 20°C quedando el número de tratamientos en 24 como se explicó en la metodología.

Cuadro 1. Valores de probabilidad obtenidas de la comparación de medias del análisis de varianza (Tukey 0.05)

Factor	Firmeza	Ac Asc	Acidez	%PP	CSST	L*	a*	b*
Dosis	<.0001	<.0001	<.0001	0.6215	<.0001	0.3327	0.0693	0.6312
Temperatura	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Madurez	<.0001	0.0012	0.3015	0.8436	<.0001	0.6497	0.6051	0.8140
Tamaño	0.0303	0.0667	0.6023	0.8936	0.0319	<.0001	<.0001	0.1517

4.1.2 Cambios en la calidad visual externa e interna de los frutos.

La calidad externa fue afectada por las dosis aplicadas y la respuesta fue diferente para cada variedad y temperatura de almacenamiento de los frutos.

4.1.2.1 Variedad 'Tommy Atkins'

La figura 3 muestra el aspecto final de los frutos de mango 'Tommy Atkins' después de 19 días de almacenamiento a 10 y 20°C. En esas temperaturas, los frutos control y tratados con dosis de 0.15kGy (0.16-0.41 kGy) no mostraron cambios visuales anormales durante su proceso de maduración, observándose un ligero retraso en el cambio de color en los frutos tratados a 0.15 kGy; No obstante, los frutos tratados con 0.60 kGy (0.50 -0.83 kGy) y 1.00 kGy (0.97-1.52 kGy) y almacenados a 20°C, mostraron alteraciones en la pigmentación externa del fruto; las zonas pigmentadas de color verde y aquellas con pigmentos antociánicos mostraron una coloración café de fondo que fue más oscura en los frutos tratados con 1.00 kGy (0.97-1.52 kGy); el porcentaje de frutos

con este daño fue de aproximadamente 90% y fue evidente a partir del día 7 de almacenamiento en ambos estados de madurez. Bajo almacenamiento continuo a 10°C, no se observó el cambio de pigmentación (figura 3); pero se presentó cuando los frutos fueron transferidos a 20°C. La figura 4 muestra el aspecto externo de frutos almacenados por 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C; la alteración de la pigmentación se hizo más pronunciada (respecto del control) lo cual indicó un efecto sinérgico del almacenamiento a baja temperatura en adición al efecto dado por la irradiación; nuevamente el porcentaje de frutos dañados fue del 90%.

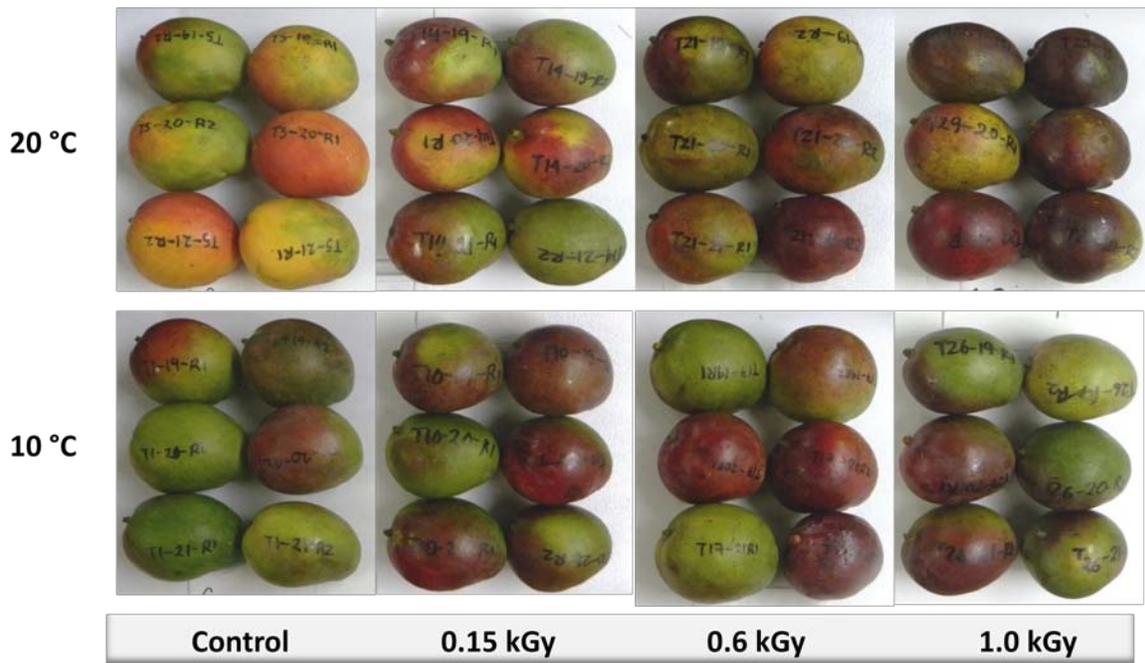


Figura 3. Aspecto externo de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ tratados a diferentes dosis de irradiación y almacenados 19 días a 10 y 20°C.

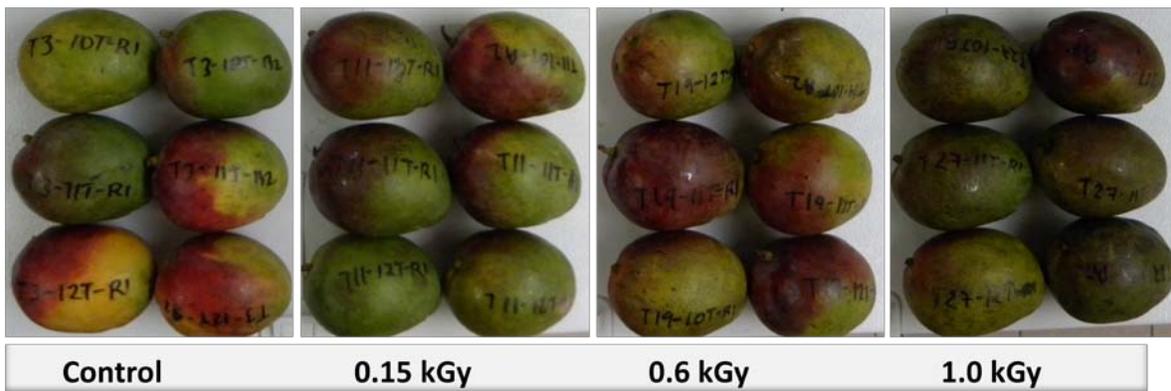


Figura 4. Aspecto externo de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ tratados a diferentes dosis de irradiación almacenados 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C.

En el conjunto de frutos dañados, el grado de severidad del daño varió dentro de los frutos en cada una de las dosis aplicadas, esto se atribuye a las diferentes dosis absorbidas por cada fruto debido su ubicación dentro de las cajas; los frutos que absorbieron mayor dosis (aquellos ubicados en la periferia de las cajas) posiblemente mostraron mayor severidad de daño aunque esto no pudo comprobarse debido a que solo se pusieron dos dosímetros en dos frutos de cada caja y dichos frutos no fueron monitoreados después de remover los dosímetros.

La figura 5 muestra el aspecto visual interno de los frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados 19 días a 10 y 20°C y la figura 6 muestra los cambios internos en frutos almacenados 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C. Los frutos control e irradiados a 0.15kGy (0.16-0.41 kGy) no mostraron cambios importantes en el tejido interno después de 19 días de almacenamiento a 20°C; mientras que los frutos irradiados desde 0.60 kGy (0.50 a 1.52 kGy) desarrollaron oscurecimiento interno. Los frutos almacenados a 10°C durante el mismo periodo e irradiados a 1.00 kGy (0.97 a 1.52 kGy) mostraron desarrollo de tejido esponjoso. Los frutos transferidos de 10 a 20°C (figura 5) también mostraron el desarrollo de tejido esponjoso después de haber sido almacenados durante 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C.

De acuerdo con estas observaciones, se puede indicar que la variedad 'Tommy Atkins' es susceptible a las dosis altas de irradiación por lo cual no sería recomendable alcanzar dichas dosis en su tratamiento fitosanitario.

Dado que en las dosis bajas (rango de 0.16 a 0.41 kGy) no se observaron los daños mencionados, se puede decir que probablemente la dosis máxima recomendada para esta variedad se encuentra dentro del intervalo de 0.50-0.60 kGy.



Figura 5. Aspecto interior de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C durante 19 días.

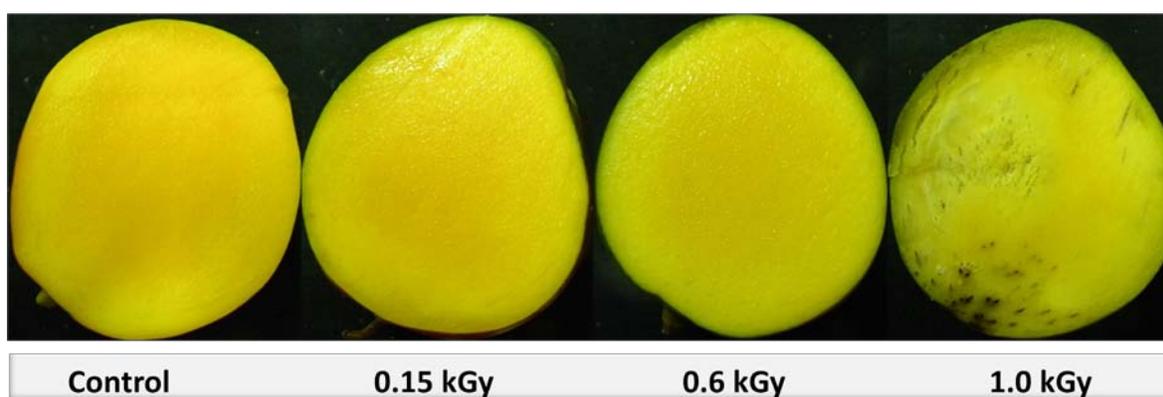


Figura 6. Aspecto interior de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ irradiados a diferentes dosis y almacenados 13 días 10°C y transferidos 6 días a 20°C.

4.1.2.2 Variedad ‘Haden’

Las figuras 7 y 8 muestran el aspecto externo de los frutos de mango ‘Haden’ sometidos a las condiciones de irradiación y almacenamiento descritas. Durante su almacenamiento a 10 y 20°C; los frutos control y tratados a 0.15 kGy (0.16 a 0.44 kGy) no presentaron alteraciones en su pigmentación durante su maduración; aunque se percibió un ligero retraso en el cambio de color en los frutos irradiados. Para la dosis de 0.60 kGy (0.56 a 0.88 kGy), los cambios de pigmentación fueron ligeros y más pronunciados en los frutos expuestos a 1.00 kGy (0.92 a 1.42 kGy). Para los frutos almacenados de forma continua a 10°C, estos cambios no fueron perceptibles (figura 7); no obstante, en los frutos

transferidos de 10 a 20°C (figura 8) se observó un oscurecimiento superficial en los frutos irradiados en los rangos de 0.56 a 0.88 y de 0.92-1.42 kGy. Como lo muestran las fotografías, los cambios observados en esta variedad fueron menos severos que los observados en la variedad 'Tommy Atkins'.



Figura 7. Aspecto visual de frutos de mango 'Haden' tratados a diferentes dosis y almacenados durante 19 días a 10 y 20°C. Las marcas en los frutos se refieren a los códigos de los tratamientos.



Figura 8. Aspecto visual externo de los frutos de mango 'Haden' tratados a diferentes dosis de irradiación almacenados 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C.

El hecho que los frutos transferidos de 10 a 20°C mostraran una mayor incidencia del daño, sugiere que el daño provocado por el estrés de irradiación se potencia cuando los frutos son almacenados a temperaturas de refrigeración.

Las figuras 9 y 10 muestran el aspecto interno del tejido de los frutos en las mismas condiciones de almacenamiento. El oscurecimiento interno fue notablemente menor respecto de la variedad 'Tommy Atkins' aunque en los frutos irradiados dentro del intervalo de 0.92 a 1.42 kGy y transferidos de 10 a 20°C también mostraron desarrollo de tejido esponjoso (figura 10).



Figura 9. Aspecto interno de frutos de mango 'Haden' sometidos a diferentes intervalos de irradiación gamma y almacenados 19 días a 10 y 20°C.

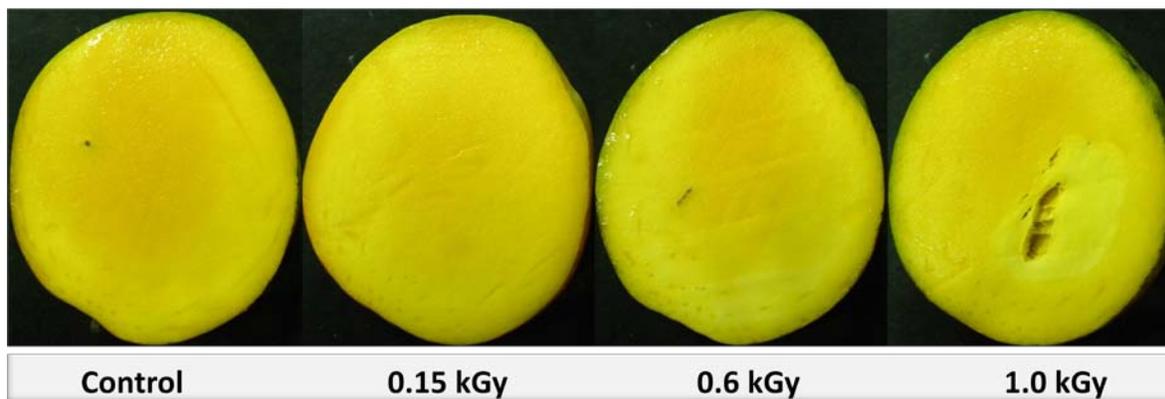


Figura 10. Aspecto interno de frutos de mango 'Haden' sometidos a diferentes dosis de irradiación, almacenados 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C. Obsérvese el desarrollo de tejido esponjoso en frutos expuestos a 1.00 kGy.

Aunque esta variedad mostró una menor incidencia de daño interno, los daños mostrados en la piel parecen señalar que la dosis máxima recomendable para ésta variedad puede estar dentro del intervalo de 0.50 a 0.60 kGy como la variedad 'Tommy Atkins'.

Aunque se ha señalado que la piel de estas dos variedades tuvieron alteraciones en el color de los frutos asociadas a las dosis de irradiación aplicadas; la observación microscópica de la piel mostró diferencias entre ambas variedades (figura 11); la variedad 'Haden' presentó necrosis alrededor de las lenticelas que se hizo más amplia a medida que se incrementó las dosis de irradiación mientras que en la variedad 'Tommy Atkins' el daño en las lenticelas fue menor pero hubo desarrollo de color café visible en las zonas de color verde. Es posible que el origen de estos cambios de color sea distinto en ambas variedades; mientras que en 'Tommy Atkins' parece ser debido a un cambio bioquímico interno provocado por la irradiación; en la variedad 'Haden' parece ser otra la causa y pudiera estar asociada al desarrollo de una enfermedad ya que el daño se parece al desarrollo de antracnosis sugiriendo que la irradiación podría causar cierta debilidad del tejido y facilitar el desarrollo de esta enfermedad; aunque en la presente investigación no se pudo confirmar este aspecto.

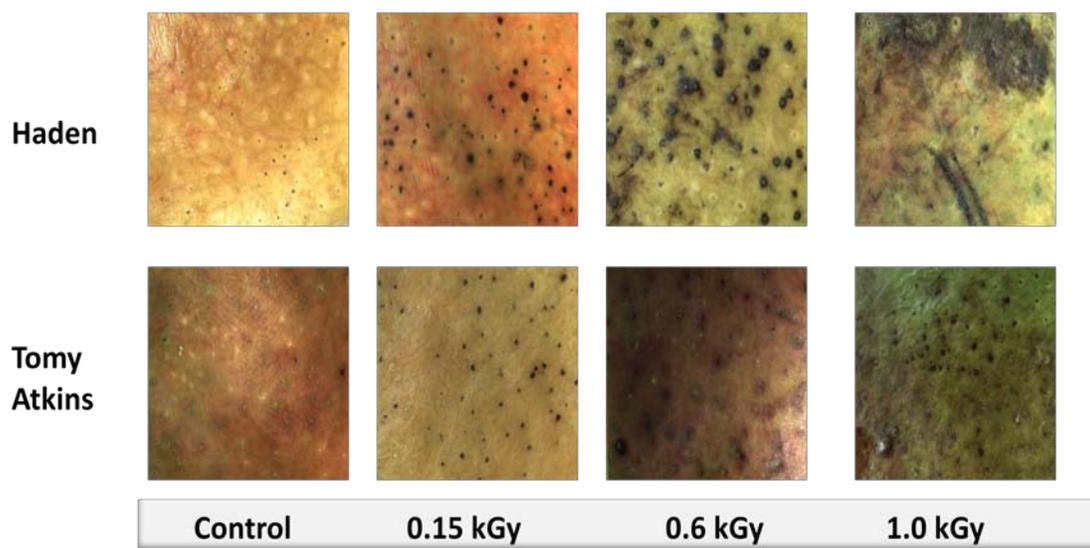


Figura 11. Observaciones microscópicas de la piel de mangos Haden y Tommy Atkins sometidos a diferentes dosis de irradiación almacenados 19 días a 10°C

4.1.2.3 Variedad 'Kent'

Desde el punto de vista de calidad visual externa, esta variedad pareció mostrar una mayor tolerancia a la irradiación ya que los daños en la piel fueron menores aunque también se observó pigmentación café de fondo en los frutos tratados a 1.00 kGy y almacenados durante 19 días a 20°C; no obstante el daño se presentó en el estado de madurez de $\frac{1}{4}$ desde los 13 días de almacenamiento a 20°C (figura 12); mientras que los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ no presentaron alteraciones durante ese periodo a esa dosis de irradiación. Los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ almacenados a 10°C durante 13 días no mostraron alteraciones en la pigmentación.

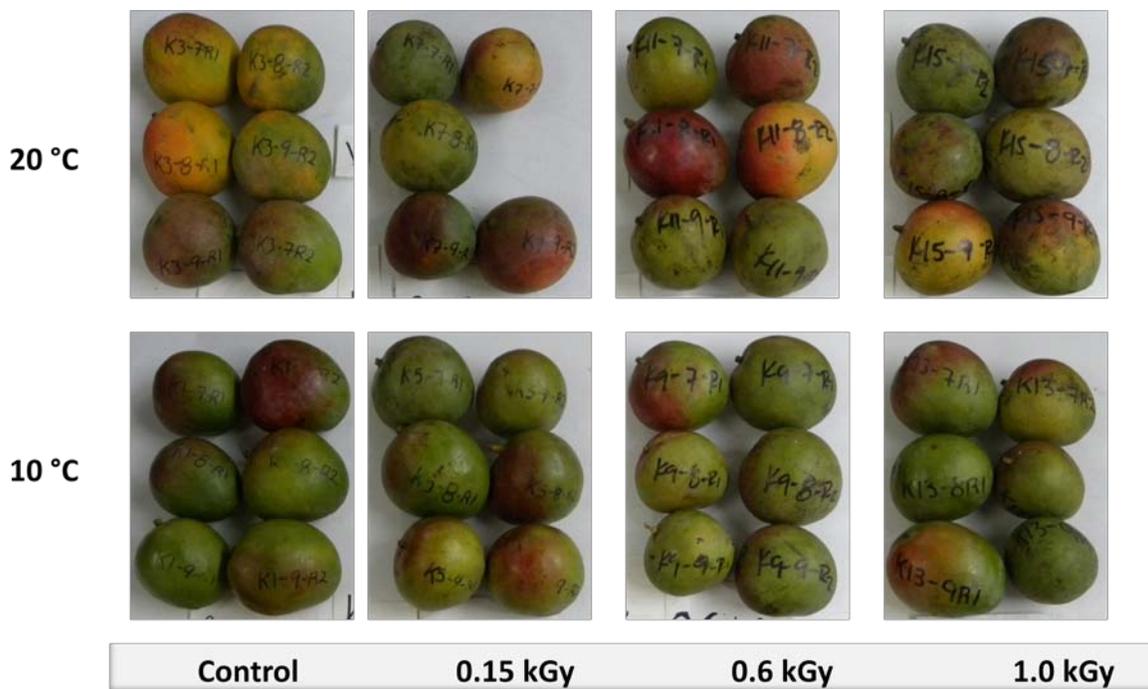


Figura 12. Aspecto externo de frutos de mango 'Kent' irradiados a diferentes dosis y almacenados 13 días a 10 y 20°C.

En frutos de madurez $\frac{1}{4}$, irradiados a 1.00 kGy (0.93-1.41 kGy), almacenados durante 7 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C mostraron la pigmentación café en la piel que también se presentó después de 13 días a 10°C y transferencia por 6 días a 20°C (figura 13). Los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ no mostraron dichos cambios en la pigmentación dentro del mismo periodo de observación. Estas observaciones mostraron, nuevamente, que hubo un efecto de las dosis altas de irradiación (0.93 -1.41 kGy) en la fisiología del fruto que se incrementó al almacenar los frutos a 10°C, esto sugiere que al estrés sufrido por las dosis altas de irradiación se añadió el estrés de frío que llevó a una manifestación del daño incrementada.

El aspecto visual interno de los frutos de esta variedad en ambos estados de madurez y almacenados de forma continua a 10 y 20°C, no pareció alterarse de forma apreciable (figura 14); sugiriendo que en esta variedad la pulpa es más tolerante a la irradiación y a las temperaturas de refrigeración. No obstante, en los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ que fueron irradiados a 1.00 kGy (0.93 – 1.41 kGy) y almacenados a 10°C durante 7 o 13 días y después transferidos por 6 días a 20°C desarrollaron tejido esponjoso (figura 15).

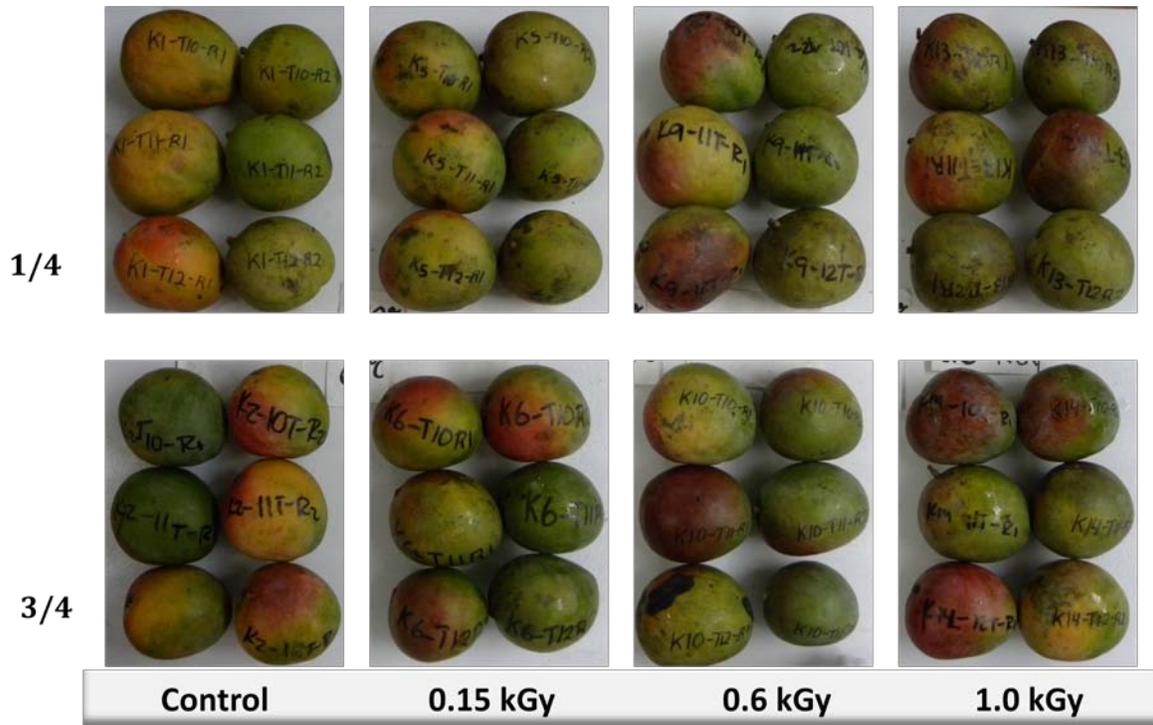


Figura 13. Aspecto externo de frutos de mango 'Kent' de distinto estado de madurez e irradiados a distintas dosis y almacenados 13 días a 10 y transferidos durante 6 días a 20°C.



Figura 14. Aspecto interno de frutos de mango 'Kent' irradiados a distintas dosis y almacenados 13 días a 10 y 20°C.



Figura 15. Aspecto interno de frutos de mango 'Kent' de distinto estado de madurez e irradiados a distintas dosis, almacenados 13 días a 10°C y transferidos durante 6 días a 20°C. Obsérvese el desarrollo de tejido esponjoso en frutos de ¼ de madurez e irradiados a 1.00 kGy

De acuerdo a los datos anteriores, esta variedad toleró dosis de irradiación dentro del rango de 0.16 hasta 0.83 kGy en los dos estados de madurez analizados; debiéndose evitar las dosis más altas debido al riesgo de desarrollo de tejido esponjoso en el estado de madurez de ¼ cuando se almacenan a 10°C.

4.1.2.4 Variedad 'Keitt'

Después de 7 y 13 días de almacenamiento continuo a 10 y 20°C; los frutos control e irradiados a las distintas dosis no mostraron cambios importantes en la piel asociados a los tratamientos de irradiación aplicados. No obstante, los frutos almacenados por 19 días a 20°C y expuestos a 0.60 y 1.00 kGy (0.54 – 0.84 y 0.87 – 1.51 kGy respectivamente), desarrollaron oscurecimiento externo y mayor susceptibilidad a patógenos (figura 16); aunque estos problemas se presentaron en ambos estados de madurez, se observó una mayor susceptibilidad en los frutos de madurez ¼. Los frutos almacenados a 10°C de forma continua no mostraron estos cambios (figura 16), mientras que los frutos irradiados a 0.60 y 1.00 kGy, almacenados por 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C mostraron desarrollo de oscurecimiento superficial en ambos estados de madurez (figura 17). Estos datos indicaron que esta variedad también fue susceptible a altas dosis de irradiación.

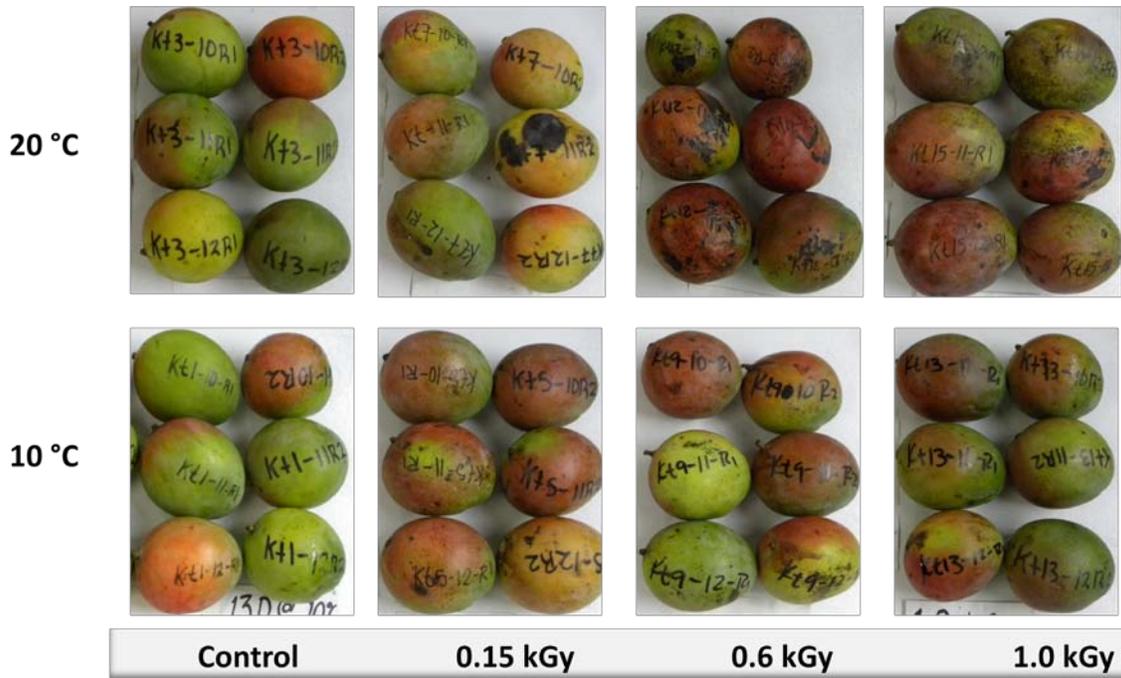


Figura 16 Aspecto externo de frutos de mango 'Keitt' irradiados a diferentes dosis y almacenados durante 19 días a 10 y 20°C.

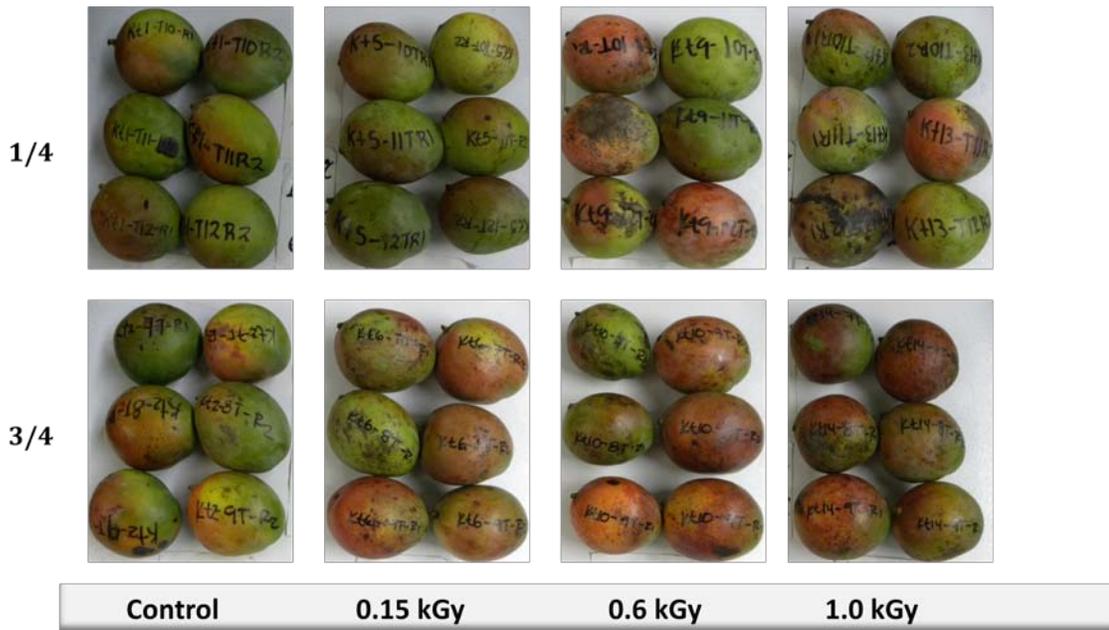


Figura 17 Aspecto externo de frutos de mango 'Keitt' de diferente estado de madurez (1/4 y 3/4), irradiados a diferentes dosis, almacenados 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C.

Las observaciones del tejido interno señalaron que los frutos de madurez 1/4, irradiados a 1.00 kGy (0.87 – 1.51 kGy) y almacenados tanto a 10 como a 20°C durante 13 días y sus transferencias de 10 a 20°C, mostraron una alta susceptibilidad al desarrollo de tejido esponjoso (figuras 18 y 19).

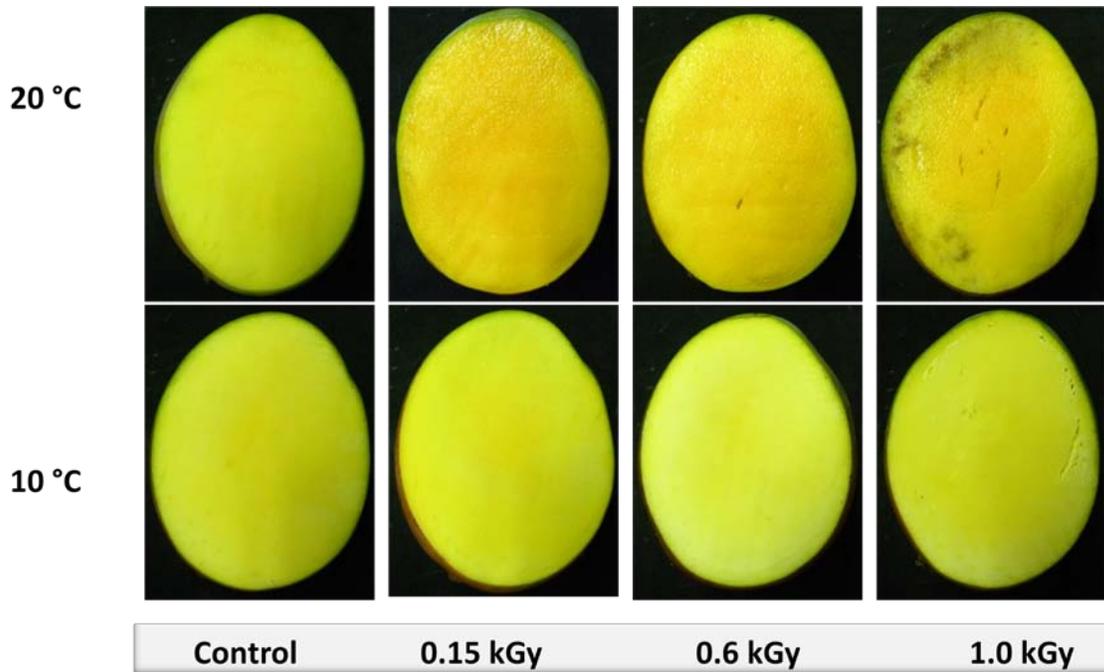


Figura 18 Aspecto interno de frutos de mango 'Keitt' irradiados a diferentes dosis y almacenados por 19 días a 10 y 20°C.

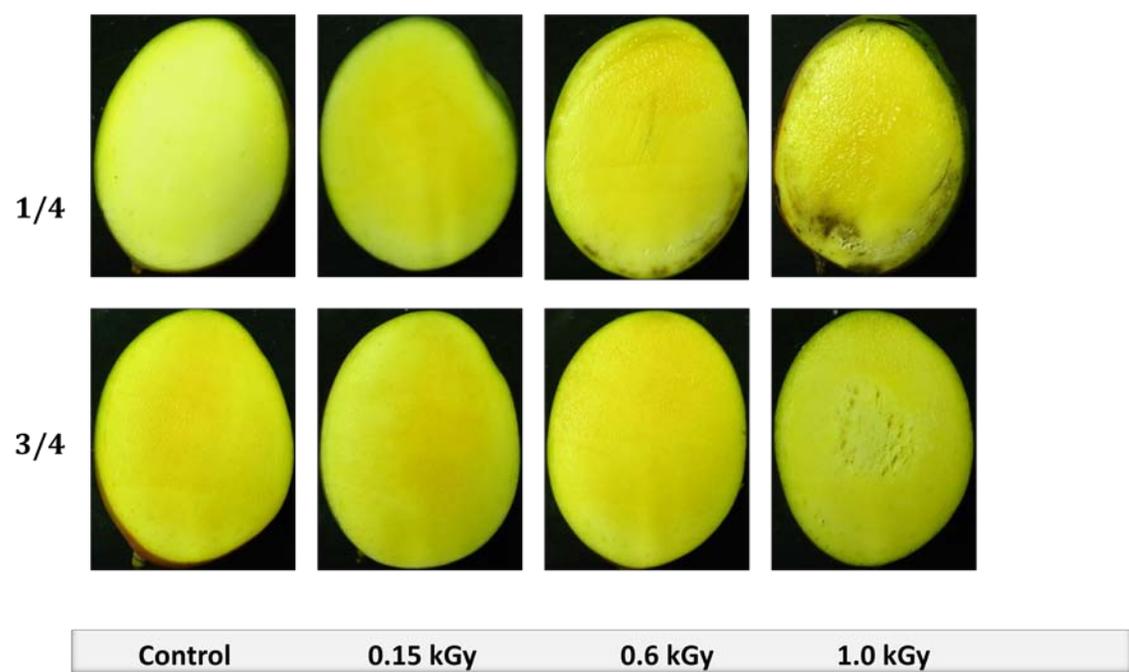


Figura 19 Aspecto interno de frutos de mango 'Keitt' de diferentes estados de madurez irradiados a diferentes dosis y almacenados 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C.

Después de 19 días de almacenamiento continuo a ambas temperaturas y para los frutos que fueron irradiados a 1.00 kGy (figura 18) presentaron desarrollo de oscurecimiento interno así como de tejido esponjoso en ambos estados de madurez.

Los frutos de ambos estados de madurez y almacenados por 13 días a 10°C y transferidos a 20°C mostraron una alta susceptibilidad al desarrollo de tejido esponjoso (figura 19). Estos datos también indicaron que esta variedad en madurez ¼, no debe ser irradiada a dosis entre 0.54 y 1.51 kGy; no obstante, si la madurez es de ¾, se deben evitar las dosis en el rango de 0.87 – 1.51 kGy.

Por lo anterior, para irradiar esta variedad, debe tenerse en cuenta el estado de madurez de los frutos, recomendándose procesar aquellos cuyo estado de madurez sea de ¾.

4.1.2.5 Variedad ‘Ataulfo’

En almacenamiento continuo a 10°C o 20°C, los frutos de esta variedad parecieron mostrar tolerancia a las dosis de irradiación aplicadas. La figura 20 muestra los frutos de ambos estados de madurez almacenados 19 días a 10 y 20°C; en ella se observa un efecto notable de la temperatura de 10°C para retrasar el proceso de maduración sin observarse un efecto importante de las dosis de irradiación.

No obstante, cuando los frutos de ambos estados de madurez fueron transferidos de 10 a 20°C, aquellos irradiados a 1.00 kGy (0.95 – 1.43 kGy) y almacenados por 7 o 13 días a 10°C, desarrollaron una coloración negra en la superficie (figura 21), esta coloración pudo estar asociada a un daño por frío que fue potenciado por la aplicación de altas dosis de irradiación.

Los datos anteriores sugieren que hay posibilidad que esta variedad pudiera resistir dosis altas si se almacena a 13°C como sugieren los protocolos de conservación de mango.

(<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Mango.shtml>)

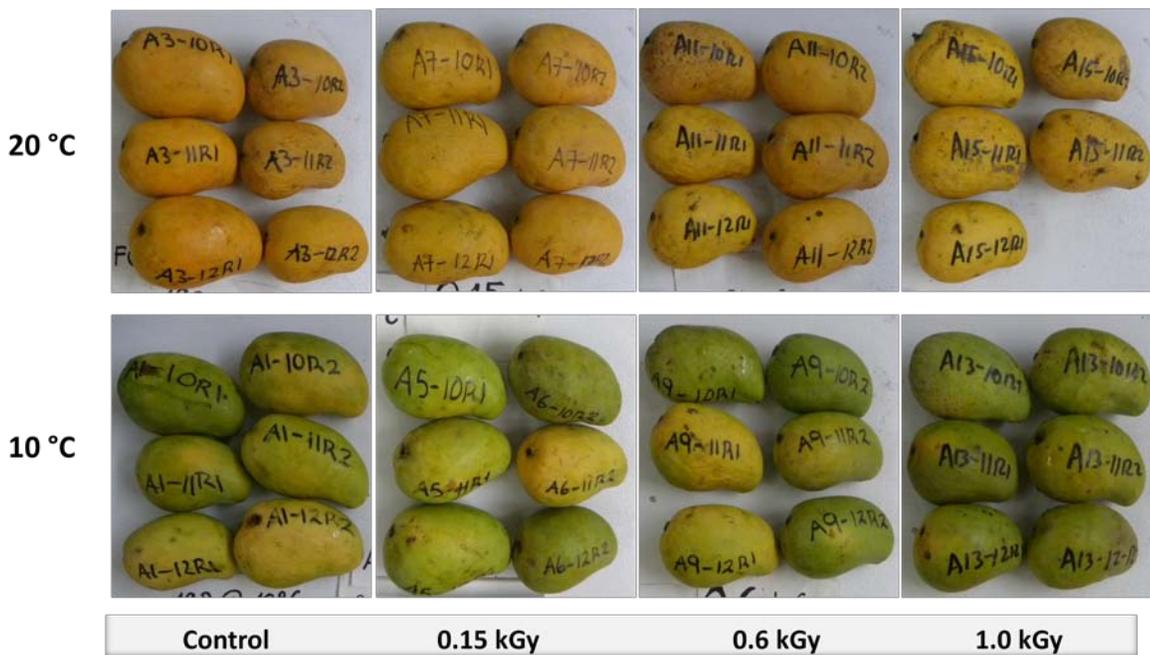


Figura 20 Aspecto externo de frutos de mango ‘Ataulfo’ irradiados a diferentes dosis y almacenados por 19 días a 10 y 20°C

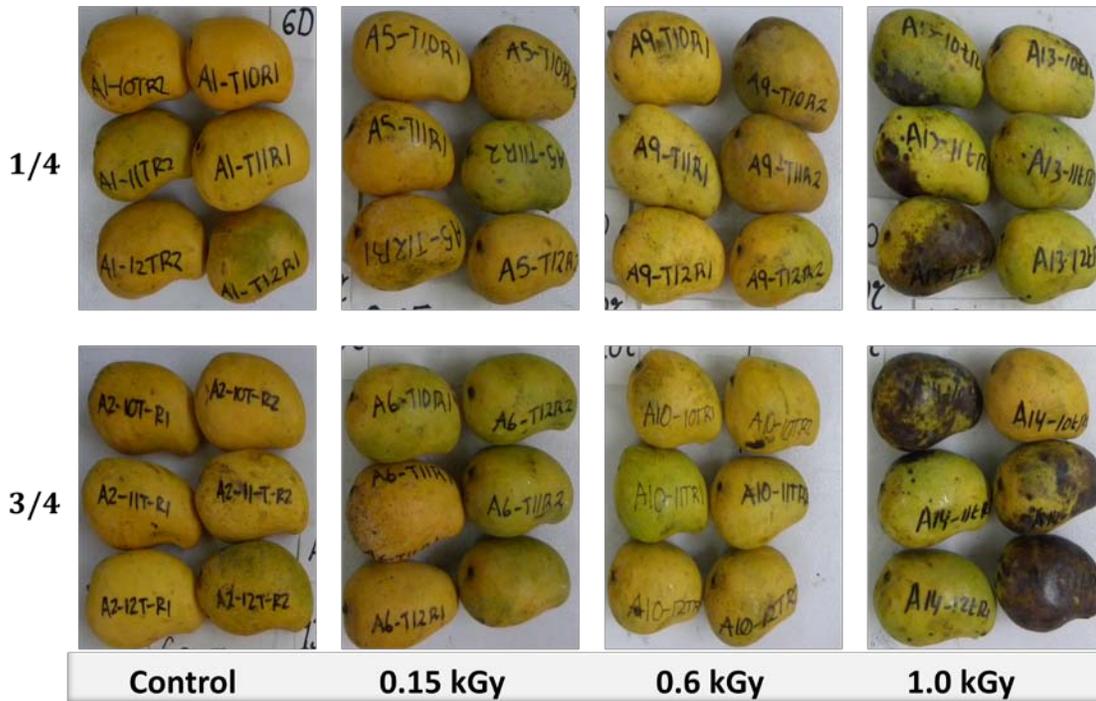


Figura 21 Aspecto externo de frutos de mango 'Ataulfo' de diferente estado de madurez, irradiados a diferentes dosis, almacenados por 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C.

Las observaciones del aspecto interno de los frutos almacenados 19 días a 10 y 20°C (figura 22), indicaron que los frutos irradiados a 1.00 kGy (0.95 – 1.43 kGy) y almacenados a 20°C desarrollaron oscurecimiento de la pulpa mientras que los almacenados a 10°C desarrollaron tejido esponjoso señalando también que para esta variedad, se debe evitar la exposición a esas dosis de irradiación.



Figura 22 Aspecto interno de mangos 'Ataulfo' irradiados a diferentes dosis y almacenados durante 19 días a 10 y 20°C.

Las mismas observaciones del tejido interno de los frutos almacenados a 10°C y transferidos a 20°C, mostraron el desarrollo severo de tejido esponjoso en los frutos de ambos estados de madurez irradiados a 1.0 kGy (0.95 – 1.43 kGy); este daño fue evidente después de 7 o 13 días de almacenamiento a 10°C y su transferencia a 20°C (figura 23). Para el estado de madurez de ¼, el desarrollo de tejido esponjoso también se presentó en los frutos que fueron tratados a 0.60 kGy (0.54 – 0.82 kGy).

Las observaciones anteriores señalan que esta variedad puede resistir hasta 0.82 kGy si se cosecha en estado de madurez ¾ y se almacena a temperaturas por arriba de 10°C. De forma conservadora se pueden aplicar dosis hasta de 0.6 kGy para ambos estados de madurez debiéndose tener cuidado de almacenar los frutos a temperaturas por arriba de 10°C.

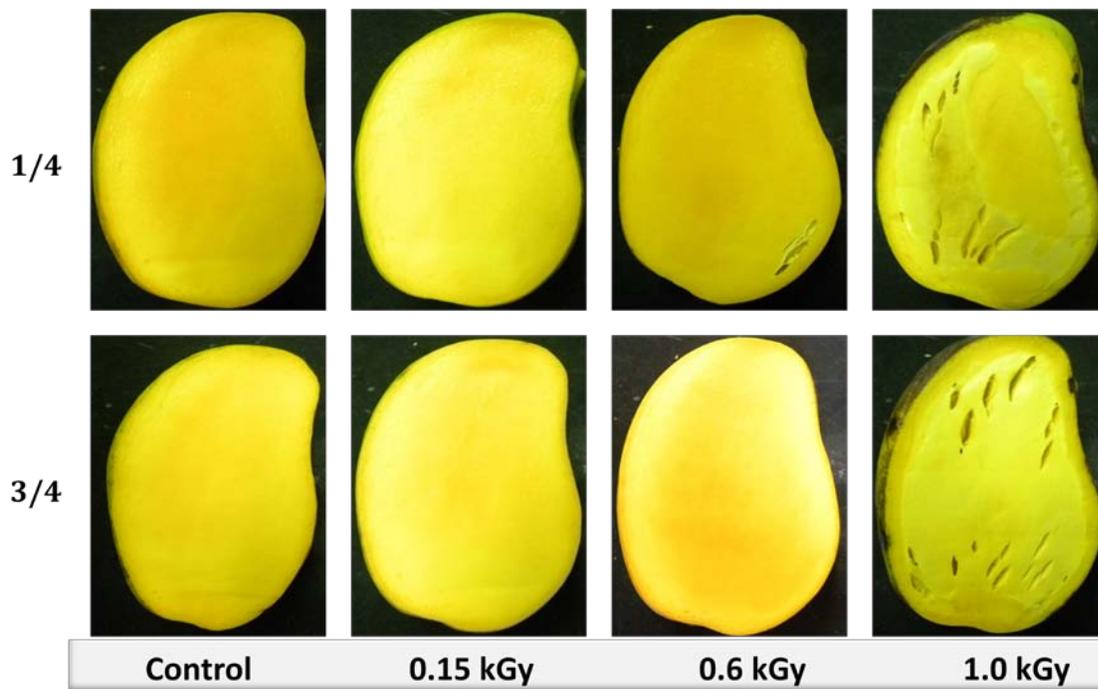


Figura 23 Aspecto interno de mango 'Ataulfo' de diferente estado de madurez irradiados a diferentes dosis, almacenados durante 13 días a 10°C y transferidos por 6 días a 20°C. Obsérvese el desarrollo de tejido esponjoso a 1.0 kGy.

4.1.2.6 Variedad 'Manila'

Esta variedad mostró una alta tasa de deshidratación que limitó su vida de anaquel a solo 13 días a 20°C. Al igual que la variedad 'Ataulfo', la conservación continua de los frutos a 10 °C mostró un retraso de la maduración respecto de los frutos almacenados a 20°C (figura 24). La comparación de los frutos irradiados con sus respectivos controles mostró que la irradiación indujo también un retraso en el cambio de color de la piel y que dosis altas provocó ligeros oscurecimientos de la piel aunque sin establecerse claramente diferencias entre las diferentes dosis.

Los frutos de madurez ¼, irradiados con dosis de 1.00 kGy (0.96 – 1.33 kGy) y almacenados a 10°C, desarrollaron tejido esponjoso lo que demostró su susceptibilidad a esas dosis de irradiación (figura 25).

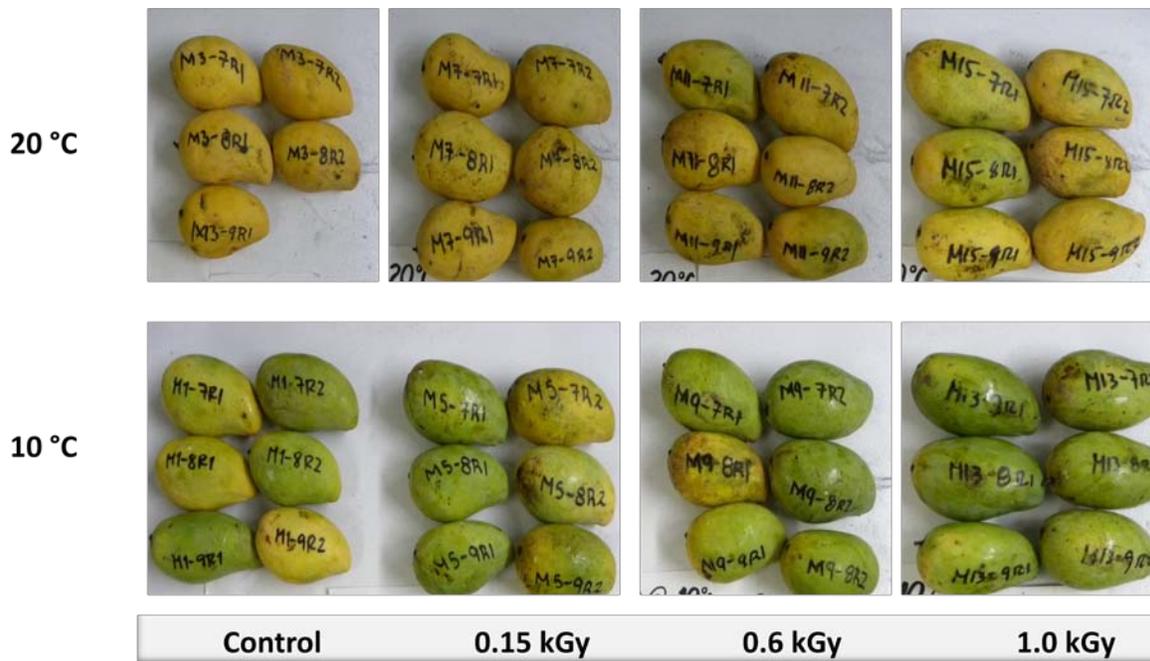


Figura 24 Aspecto externo de frutos de mangos 'Manila' irradiados a diferentes dosis y almacenados por 13 días a 10 y 20 ° C



Figura 25 Aspecto interno de frutos de mango 'Manila' irradiados a diferentes dosis y almacenados 13 días a 10 y 20°C. Obsérvese el desarrollo de tejido esponjoso en frutos tratados a 1.0 kGy.

La transferencia de los frutos de 10 a 20°C mostró desarrollo de alteraciones superficiales de los frutos (figura 26) en ambos estados de madurez que se hicieron más pronunciadas en frutos tratados a 0.6 y 1.0 kGy (rangos de 0.57 – 0.87 y 0.96 – 1.33 kGy respectivamente). La observación

del tejido interno (figura 27), permitió determinar que a dosis de 1.00 kGy hubo desarrollo de tejido esponjoso así como la presencia de tejido blanco que señala una alteración más aguda del proceso de maduración.

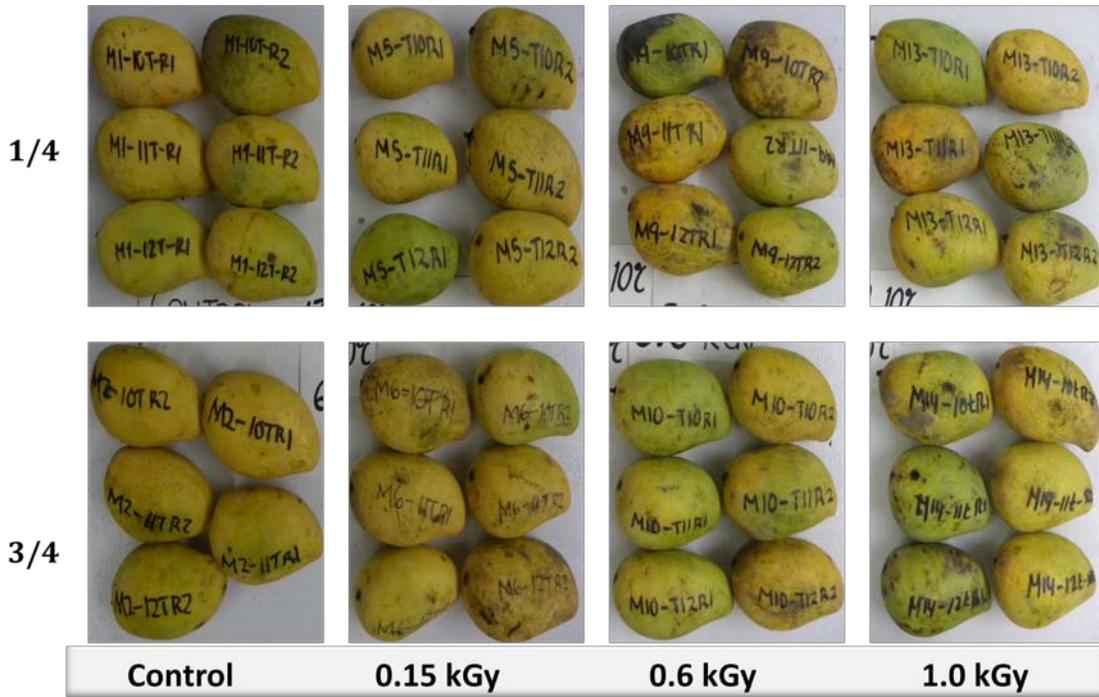


Figura 26 Aspecto externo de frutos de mango 'Manila' de diferentes estados de madurez y almacenados durante 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C

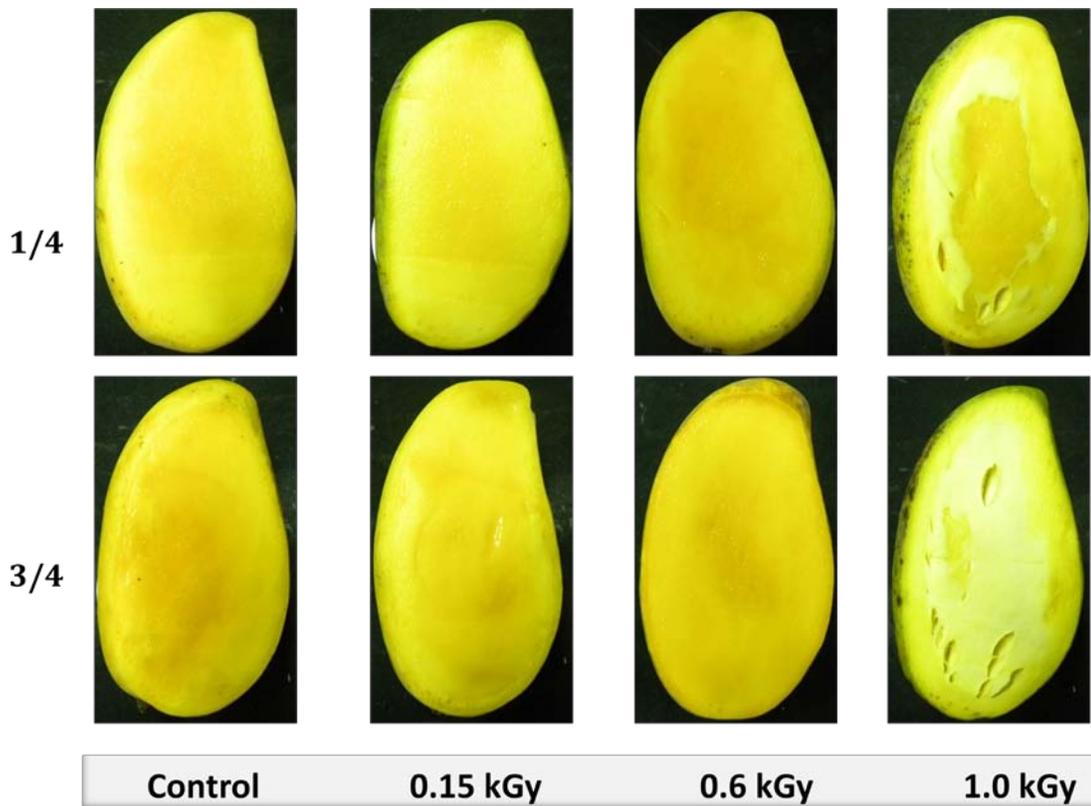


Figura 27 Aspecto interno de frutos de mango ‘Manila’ de diferentes estados de madurez, irradiados a diferentes dosis y almacenados durante 13 días a 10°C y transferidos 6 días a 20°C.

Las observaciones anteriores permiten señalar que esta variedad puede ser irradiada a 0.6 kGy para ambos estados de madurez dado que dosis altas generan oscurecimiento en la piel y desarrollo de tejido esponjoso.

4.1.2.7 Consideraciones generales de la calidad visual externa e interna

Los resultados de los efectos de la irradiación en las diferentes variedades y diferentes estados de madurez permiten hacer ciertas observaciones y recomendaciones generales. Los daños externos e internos ocasionados son factores importantes que deben tomarse en cuenta en la evaluación del efecto del proceso de irradiación de mango, dichos daños detectados fueron oscurecimiento de la piel y de la pulpa así como el desarrollo de tejido esponjoso. Tomando en cuenta estas observaciones se puede indicar que todas las variedades en los dos estados de madurez no presentaron daños externos e internos cuando se sometieron a intervalos de irradiación de 0.15 a 0.44 kGy. De igual forma, también todas las variedades presentaron daños cuando fueron expuestas a un rango de dosis de 0.92 a 1.52 kGy. También de forma general, los estudios mostraron que se debe evitar irradiar frutos en estado de madurez de ¼ siendo recomendable tratar frutos de ¾. Bajo las restricciones anteriormente anotadas, La dosis máxima tolerada dependió de la variedad; las variedades ‘Kent’ y ‘Ataulfo’ fueron la más tolerantes a la irradiación pudiendo resistir hasta 0.86 kGy; mientras que las variedades ‘Tommy Atkins’, ‘Haden’, ‘Manila’ y ‘Keitt’ fueron más sensibles sugiriéndose que no se irradien por arriba de 0.60 kGy.

El almacenamiento de los frutos a 10°C, incrementó los daños provocados por la irradiación; los cuales fueron evidentes cuando se transfirieron los frutos a 20°C; lo cual indicó que al estrés de irradiación se sumó el estrés de baja temperatura.

4.1.3 Cambios en los factores físicos y químicos.

Las características físicas y químicas de las variedades estudiadas fueron distintas para cada una de ellas por lo que el realizar análisis estadísticos entre ellas pierde interés. No obstante, fue más importante establecer como esas características de cada variedad se veían afectadas por los tratamientos de irradiación aplicados.

El Anexo 3 recopila los valores de probabilidad estadística de los análisis de varianza practicados para cada variedad tomando en cuenta el efecto de la dosis, temperatura de almacenamiento, estado de madurez y tiempo de almacenamiento así como sus interacciones simples. Por el carácter climatérico del fruto y el efecto de la temperatura en el proceso de maduración; todas las variables de respuesta analizadas cambiaron durante el almacenamiento en función de la temperatura de almacenamiento; por ello los factores tiempo de almacenamiento y temperatura, así como su interacción, mostraron un efecto altamente significativo en todas las variedades.

Aunque el Anexo 3 recopila los resultados del análisis estadístico general arriba descrito y señala el efecto de cada uno de los factores en estudio; su utilidad para sacar conclusiones puntuales no es buena debido a que dentro del análisis de cada factor se encuentran confundidos los demás factores. Es decir que cuando se analiza de manera general el efecto de las dosis de irradiación; el paquete estadístico agrupa todos los datos en función de cada dosis de irradiación sin separar los estados de madurez, la temperatura de almacenamiento o los días de almacenamiento por lo que dicho análisis general no permite señalar si los estados de madurez dieron respuestas diferentes; o si la temperatura de almacenamiento tuvo efectos respecto de las dosis aplicadas o si la respuesta no fue la misma durante el periodo de almacenamiento. Esto mismo ocurre cuando se analizan los demás factores. Por ello y como se estableció en la sección 3.1 se realizaron análisis de varianza más específicos agrupando los datos por estado de madurez y temperatura de almacenamiento y analizando el efecto de las dosis de irradiación, los días de almacenamiento y su correspondiente interacción entre ambos factores.

El efecto de la dosis y su interacción con los demás factores varió entre las variedades y entre las variables de respuesta analizadas. Por ello se presentan la interpretación de todas ellas para cada variedad.

También con el objeto de simplificar la exposición de resultados; en el cuerpo de esta sección se añaden las figuras que describen los comportamientos de la variable de respuesta analizada en cada variedad, para los estados de madurez y dosis de irradiación aplicada así como para la temperatura de almacenamiento de los frutos.

Nuevamente llamamos la atención respecto de que las dosis de irradiación propuestas o nominales, 0.15, 0.60 y 1.00 kGy, no se refieren a dosis puntuales ya que la posición del los frutos dentro del irradiador no permite tener una dosis uniforme en cada uno de los frutos de cada caja. Por ello es más conveniente indicar los rangos de dosis de irradiación (obtenidos de las lecturas de los dosímetros) a los que realmente estuvieron sometidos dichos frutos. Para facilitar la redacción y lectura de este informe, se mantuvo el uso de esas dosis nominales entendiéndose que dichos números expresan los siguientes rangos que incluyen a todas las variedades: El valor de 0.15 kGy se refiere al rango de 0.15-0.44 kGy; 0.60 kGy se refiere a 0.52-0.88 kGy y 1.00 kGy se refiere a 0.93 –

1.55 kGy. De acuerdo con esta denominación, cuando se expresan las dosis nominales se habla de los rangos anteriores. No obstante, en cada variedad analizada se expresa el rango específico de valores que tuvo la variedad en cuestión por lo que estos valores son ligeramente diferentes de los arriba mencionados.

4.1.3.1 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango 'Tommy Atkins'

Firmeza. Los valores de firmeza registrados un día después de los tratamientos de irradiación, permitieron agrupar a las variedades estudiadas en dos grupos; aquellas cuyos valores de firmeza oscilaron entre 85 y 185 N que incluyeron a 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent' y 'Keitt' mientras que las variedades 'Ataulfo' y 'Manila' conformaron el grupo de menor firmeza, la cual osciló entre 37 a 74 N para los frutos de mango 'Ataulfo' y de 14 a 45 N para los mangos 'Manila' (figuras 28A, 32A, 36A, 40A, 44A y 48A y los anexos 4, 5, 6, 7, 8 y 9). Estos datos indicaron diferencias naturales entre las variedades desde el inicio del almacenamiento.

La Figura 28A muestra los cambios de este factor durante el almacenamiento de los frutos en sus dos estados de madurez a las dos temperaturas consideradas. En los primeros 7 días de almacenamiento, la aplicación de 0.60 y 1.00 kGy, generó una firmeza estadísticamente menor (anexo 4) respecto de los frutos control e irradiados con 0.15 kGy. Después de ese periodo, los frutos de ambos estados de madurez almacenados a 10°C no mostraron diferencias entre los diferentes tratamientos. No obstante, también a 20°C se observó que los frutos irradiados a 0.60 y 1.00 kGy mostraron menor firmeza.

La transferencia de frutos de 10 a 20°C, no indicó efecto significativo de las distintas dosis de irradiación aplicadas en cada fecha de muestreo (figura 28A). Así mismo, no se encontraron diferencias entre este grupo de frutos con los frutos almacenados a 20°C. De forma lógica, la comparación con los frutos almacenados a 10°C indicó que los frutos transferidos a 20°C mostraron menor firmeza (figura 28A). Estos datos indicaron que las dosis aplicadas y el almacenamiento a 10°C no alteraron el proceso de ablandamiento de los frutos después de transferirlos a 20°C.

Ácido Ascórbico. El análisis estadístico (anexo 4), mostró efectos estadísticamente significativos de la dosis de irradiación en los frutos de ambos estados de madurez almacenados a 10°C; aquellos que fueron irradiados a 0.60 y 1.00 kGy mostraron menores contenidos de ácido ascórbico (figura 28B), mientras que a 20°C no hubo diferencias estadísticas claras y los frutos disminuyeron su contenido de ácido ascórbico de forma similar en todos los tratamientos.

Los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ que fueron transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de irradiación ni con los frutos almacenados a 20°C.

Acidez titulable. Los frutos almacenados a 10°C de ambos estados de madurez, no mostraron efectos claros de la dosis de irradiación ni del periodo de almacenamiento durante los primeros 13 días de almacenamiento (figura 29A y anexo 4); en el día 19, las muestras irradiadas a 0.60 y 1.00 kGy tendieron a mostrar los valores más bajos (0.6 a 1.0%). Para los frutos almacenados a 20°C, no se observaron efectos significativos de los tratamientos de irradiación y las diferencias registradas fueron debidas a la fecha de análisis; los valores más bajos (0.1 a 0.3%) fueron registrados el día 19.

Los frutos transferidos de 10 a 20°C solo mostraron cambios debidos a la fecha de análisis y fueron similares a los frutos almacenados a 20°C. No se registraron efectos debidos a las dosis de irradiación aplicadas.

Pérdida de peso. Los frutos que fueron almacenados a 10°C perdieron menos peso respecto de los almacenados a 20°C (figura 29B y anexo 4). En ambos estados de madurez y condición de temperatura, no se detectaron diferencias significativas asociadas a las dosis de irradiación aplicadas; Los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias estadísticamente significativas debidas a las dosis de irradiación y fueron similares al conjunto de frutos control almacenados a 20°C

Sólidos solubles. Al igual que la variable pérdida de peso; el contenido de sólidos solubles no fue afectado por los tratamientos de irradiación aplicados. En ambos estados de madurez almacenados a las dos temperaturas, no se detectaron efectos significativos de las dosis de irradiación aplicadas (figura 30A y anexo 4); solo se observaron diferencias asociadas a la fecha de análisis; aunque los frutos que estuvieron almacenados a 10°C mostraron cambios menores respecto de aquellos frutos que fueron almacenados a 20°C.

A 20°C. ambos estados de madurez mostraron incrementos significativamente importantes desde el día 1 y 7 que continuaron hasta los días 13 y 19 donde la comparación estadística no determinó diferencias entre los diferentes tratamientos de irradiación aplicados. Los frutos almacenados a 10°C y transferidos a 20°C no indicaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos de irradiación y fueron similares a la evolución que siguieron los frutos almacenados a 20°C de forma continua.

Color de la pulpa. Los análisis estadísticos de los cambios de color en la pulpa de los frutos de esta variedad no registraron diferencias significativas entre las dosis de irradiación aplicadas (figura 30B y anexo 4), las fechas de análisis y las temperaturas de almacenamiento. No obstante, si fue notorio que en las muestras almacenadas a 10°C sus cambios de color durante el almacenamiento fueron notablemente menores respecto de los registrados a 20°C; donde se observaron los valores más altos del valor a^* (figura 30B)

La transferencia de frutos de 10 a 20°C favoreció ligeramente el cambio de color de los frutos sin encontrarse efectos de las dosis de irradiación; no obstante los valores registrados por este grupo de frutos no fueron comparables con los valores registrados por los frutos almacenados a 20°C de forma continua. Estos datos señalaron un efecto importante de la temperatura de 10°C en el desarrollo del color de la pulpa por lo que sería recomendable almacenar los frutos a 13°C en lugar de 10°C como lo recomienda la Universidad de California en Davis (<http://postharvest.ucdavis.edu/>).

Color piel. Los frutos almacenados a 10°C frenaron su cambio de color durante el almacenamiento y no mostraron efectos de la dosis de irradiación ni de la fecha de análisis (anexo 4 y figura 31); los frutos almacenados a 20°C mostraron cambios de color externo durante el periodo de almacenamiento pero estos no fueron afectados por las dosis de irradiación aplicadas.

El hecho que la medición objetiva del color no mostrara diferencias estadísticas entre las dosis aplicadas mientras que la observación visual mostrara cambios importantes en la pigmentación de los frutos llama nuestra atención, es posible que esta aparente discrepancia en los resultados se deba a que la observación visual externa evalúa el conjunto del fruto en general mientras que la medición de color se realiza en una área de 1 cm de diámetro donde no se percibe todo el conjunto.

De acuerdo con los datos anteriores; las variables de pérdida de peso, sólidos solubles totales, color de la pulpa y de la piel no mostraron cambios debidos a las dosis de irradiación aplicadas. No obstante, la firmeza, el contenido de ácido ascórbico y la acidez titulable indicaron que las dosis de 0.6 y 1.00 kGy generaron menor firmeza de los frutos; menor contenido de ácido ascórbico y menor acidez. Lo anterior confirma las observaciones de la calidad visual en el sentido que esta variedad no

debe ser irradiada por arriba de 0.60 kGy y dado que se observó una mayor susceptibilidad en los frutos de madurez $\frac{1}{4}$; también se recomienda que no se irradien frutos en ese estado de madurez.

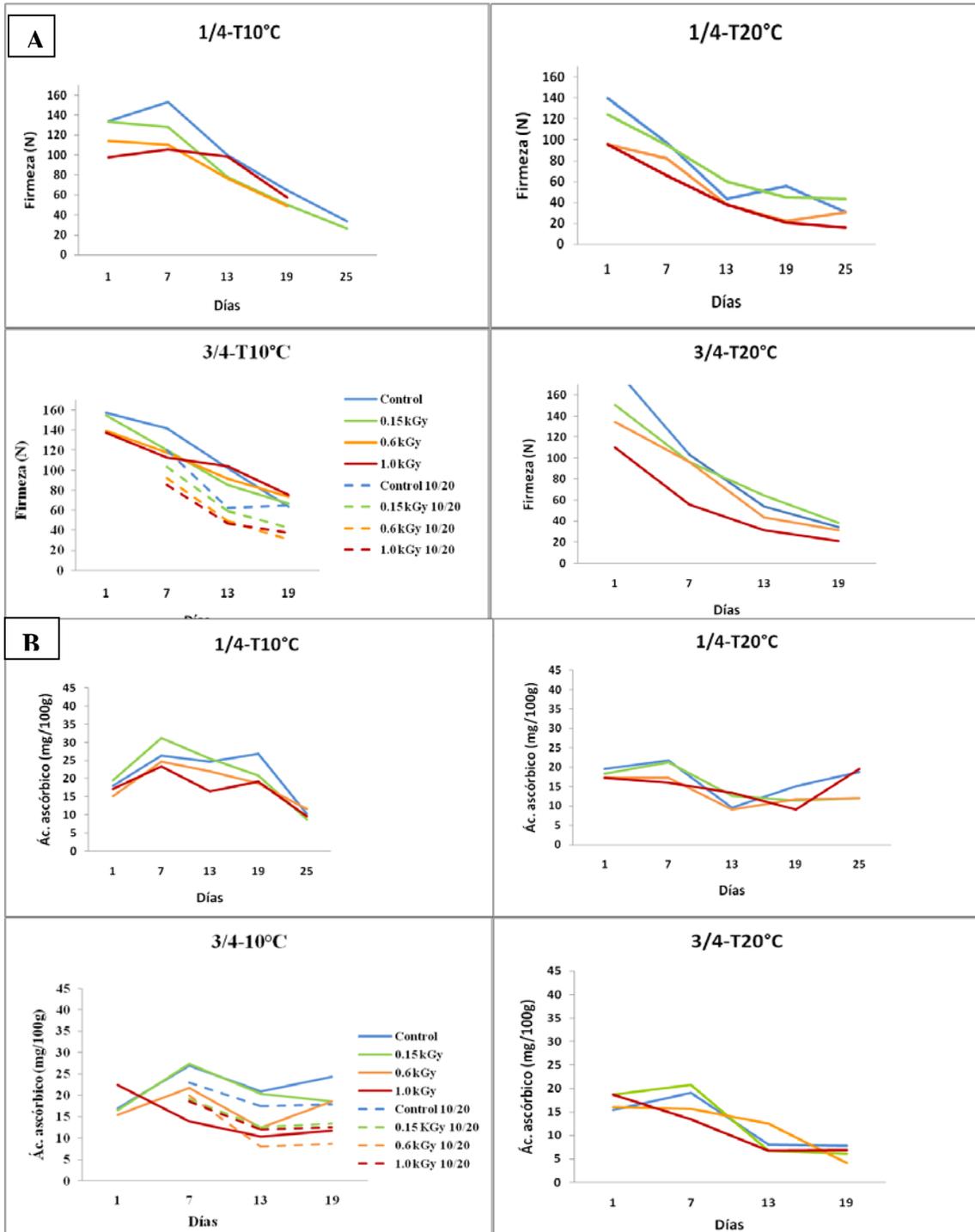


Figura 28. Cambios en la firmeza (A) y de ácido ascórbico (B) en frutos de mango 'Tommy Atkins' en diferentes estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos transferidos de 10 a 20°C.

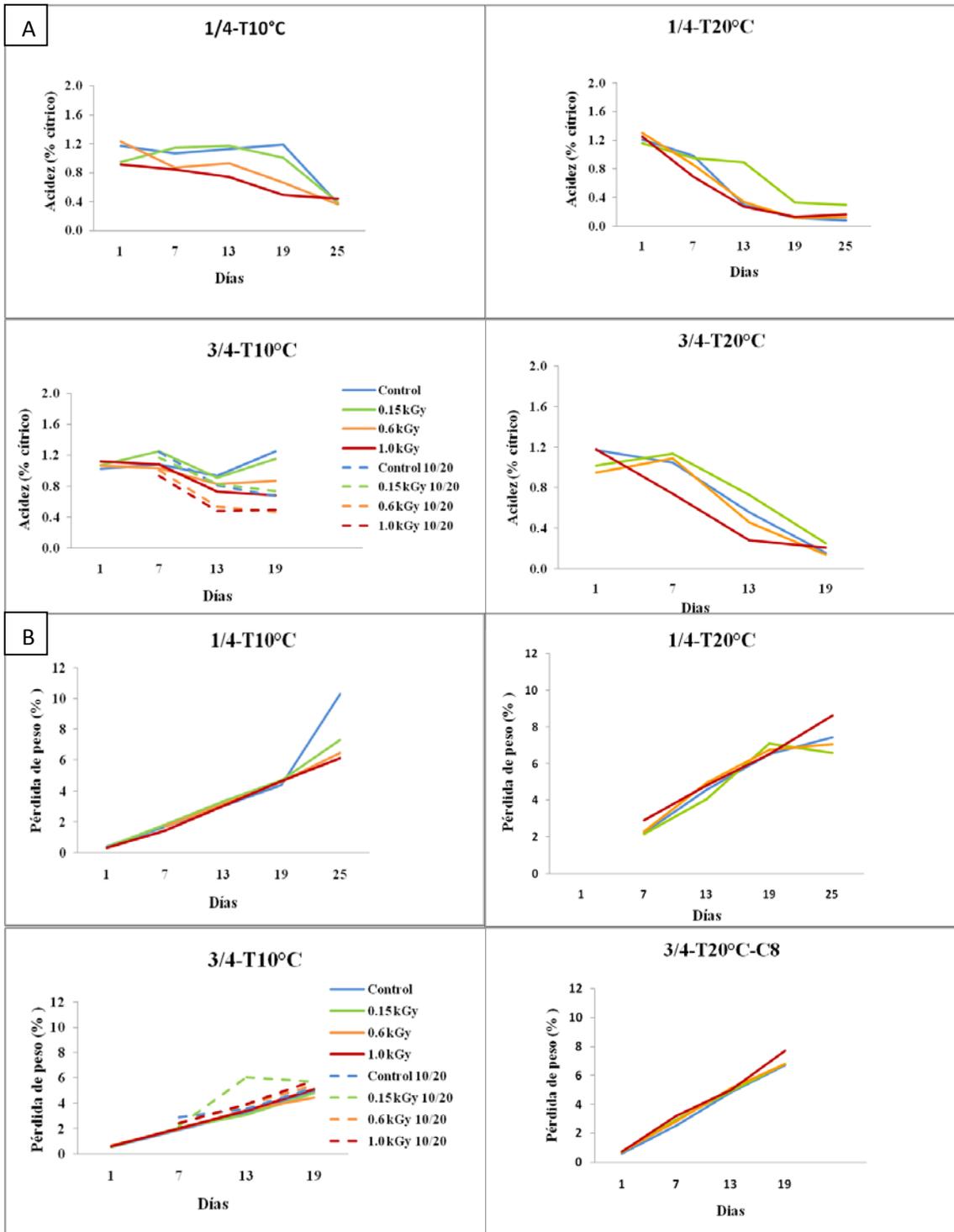


Figura 29. Cambios en la acidez (A) y pérdida de peso (B) de frutos de mango 'Tommy Atkins' en diferentes estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis con rayos gamma y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos transferidos de 10 a 20°C.

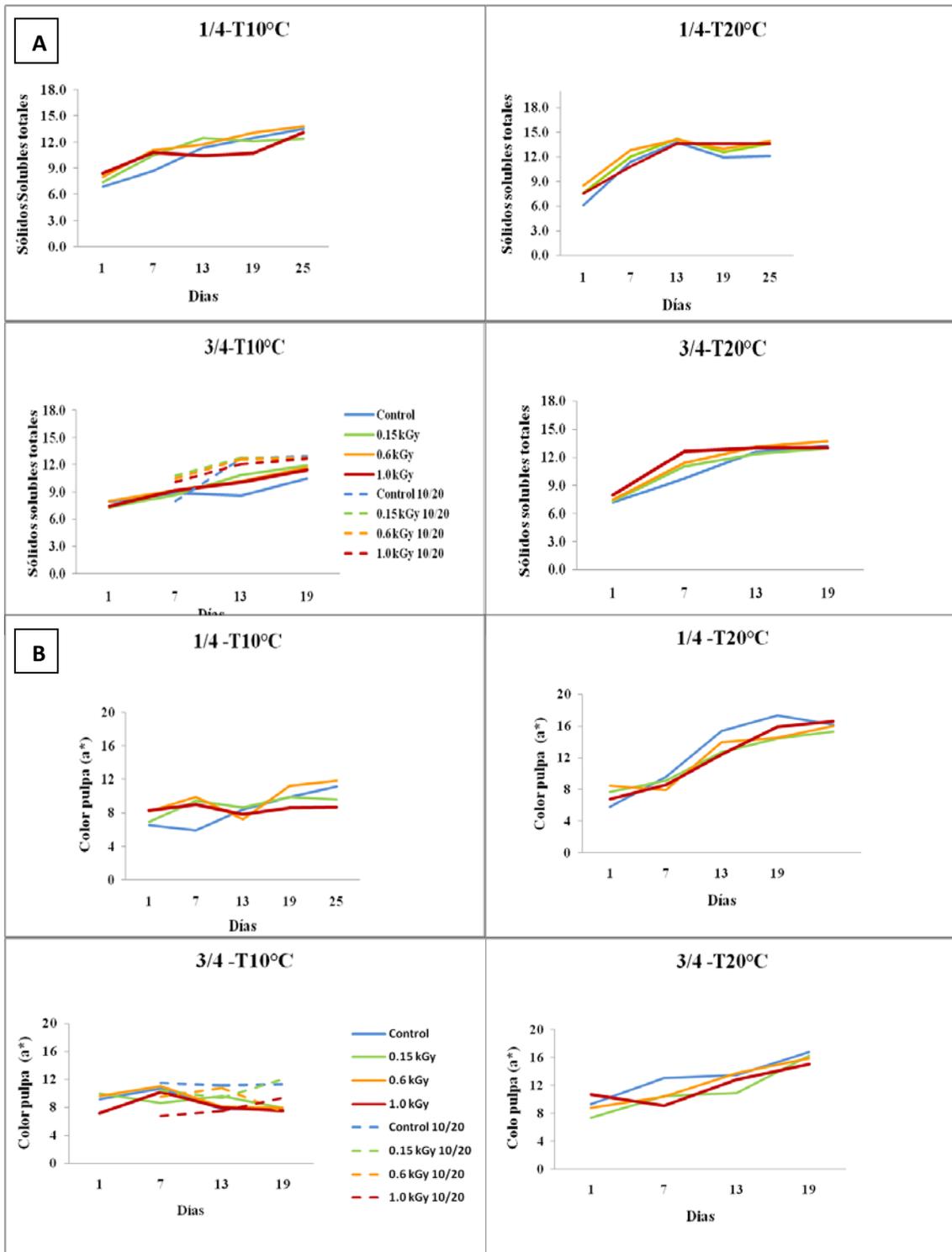


Figura 30. Cambios de sólidos solubles totales (A) y color de la pulpa (B) en frutos de mango 'Tommy Atkins de diferentes estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis con rayos gamma y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos transferidos de 10 a 20°C.

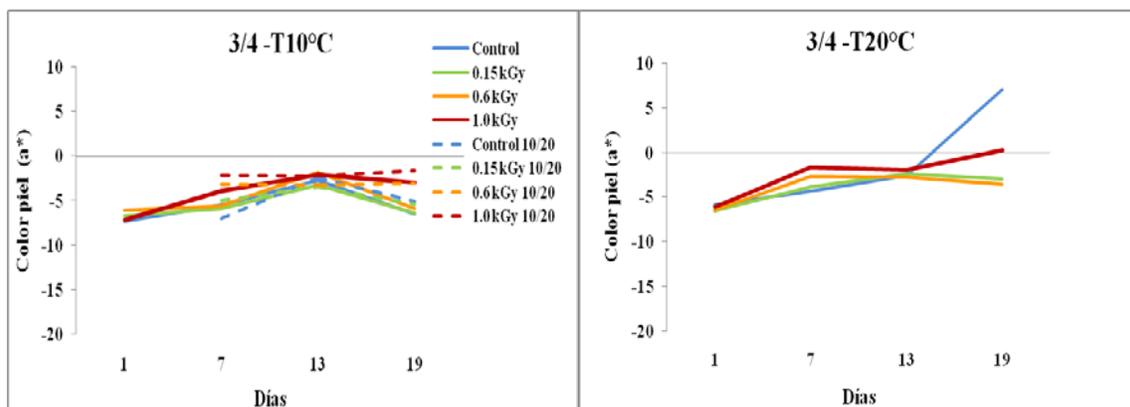


Figura 31. Cambios en el color de la piel de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ de diferentes estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis con rayos gamma y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos transferidos de 10 a 20°C.

4.1.3.2 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango ‘Haden’.

Firmeza. Esta variedad pertenece a frutos cuyos valores de firmeza son altos. Los frutos de ambos estados de madurez y almacenados a 10 y 20°C de forma continua, no mostraron diferencias significativas entre las diferentes dosis aplicadas en las diferentes fechas de análisis (Figura 32A, anexo 5); los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ almacenados por 19 días a 10°C y tratados con 1.00 kGy mostraron mayor firmeza que el resto de los tratamientos; aunque esta diferencia desapareció después de 25 días de almacenamiento. Al igual que en frutos de la variedad ‘Tommy Atkins’ las diferencias en esta variable de respuesta solo se detectaron respecto a la fecha de análisis; los frutos del día siete fueron más firmes que los frutos almacenados por 13 o 19 días. Así mismo la comparación estadística de los frutos almacenados a 20°C de forma continua con los frutos almacenados a 10°C y transferidos a 20°C, no mostró diferencias estadísticas significativas asociadas a las dosis aplicadas.

Los datos anteriores, muestran que las dosis aplicadas no afectaron los procesos de ablandamiento de los frutos y que el almacenamiento a 10°C no alteró el proceso de ablandamiento posterior cuando los frutos se transfirieron a 20°C.

Ácido ascórbico. La figura 32B, muestra los cambios de este componente en los frutos de esta variedad. A diferencia de la variedad ‘Tommy Atkins’, esta variedad no mostró incrementos significativo de esta vitamina durante su almacenamiento y aunque en la figura 32B parece observarse un menor contenido de ácido ascórbico en los frutos irradiados con 1.00 kGy, los análisis estadísticos de los datos no mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados en ambos estados de madurez y temperaturas de almacenamiento (anexo 5). Así mismo los frutos transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias entre los tratamientos ni con el grupo de frutos almacenados a 20°C. De acuerdo a los datos anteriores, el contenido de ácido ascórbico de esta variedad no pareció verse afectada por los niveles de dosis de irradiación aplicados.

Acidez. Los frutos en madurez $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ almacenados a 10°C durante 19 días, no mostraron cambios asociados a la dosis de irradiación y fecha de análisis (figura 33A y Anexo 5), observándose que esta temperatura frenó los cambios de acidez durante el almacenamiento. A 20°C en ambos estados de madurez; se detectaron cambios asociados a las fechas de analisis registrándose los valores más bajos el día 19 (0.07 a 0.1%), pero no hubo efectos atribuibles a las dosis de irradiación aplicadas. Las transferencias de los frutos de 10 a 20°C, no mostraron diferencias entre dosis de irradiación ni con el grupo de frutos almacenados a 20°C.

Pérdida de peso. Los frutos que fueron almacenados a 10°C perdieron menos peso (5 a 6%) que los almacenados a 20°C que perdieron alrededor de 6 a 8.5% (figuras 33B, y anexo 5). En ambos estados de madurez y condición de temperatura, no se detectaron diferencias significativas asociadas a las dosis de irradiación aplicadas; y como se esperaba, solo se encontraron diferencias estadísticas significativas asociadas a los días de almacenamiento. Los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias estadísticamente significativas debidas a las dosis de irradiación y fueron similares al conjunto de frutos control que fueron almacenados a 20°C

De acuerdo con los datos de esta variable, la pérdida de peso no fue un buen indicador para evaluar los efectos de las dosis de irradiación aplicados.

Sólidos solubles totales. Al igual que la acidez titulable, los cambios más importantes de este factor se debieron a la temperatura de almacenamiento. Todos los frutos que fueron almacenados a 20°C aumentaron su contenido de sólidos solubles conforme transcurrió el almacenamiento mientras que aquellos que fueron almacenados a 10°C mostraron cambios más ligeros. Los bajos contenidos de sólidos solubles iniciales parecerían indicar colectas de frutos en estados de madurez tempranos; no obstante la evolución de esta variable durante su almacenamiento a 20°C indicó estados de madurez capaces de continuar con su proceso de maduración (figura 34A).

Todos los frutos de ambos estados de madurez y almacenados a 10 y 20°C no mostraron diferencias significativas entre las distintas dosis de irradiación (figuras 34A, anexo 5); no obstante, si se registraron diferencias asociadas a las fechas de análisis, los frutos analizados el día 19 tuvieron contenidos de sólidos solubles mayores que los registrados en los días 1 al 13. De igual forma, los frutos almacenados a 10°C y transferidos a 20°C no indicaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos de irradiación y mostraron un patrón de cambio similar al que siguieron los frutos almacenados a 20°C de forma continua.

Color de la pulpa. Los mayores cambios de color ocurrieron en los frutos que fueron almacenados a 20°C; mientras que a 10°C se observó escasa evolución del color y no se observaron diferencias significativas asociadas a las dosis de irradiación o a las fechas de análisis lo cual confirmó que la temperatura de 10°C frenó el cambio de color (figura 34B y anexo 5).

Los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ almacenados a 20°C no mostraron cambios significativos de color asociados a las dosis aplicadas; no obstante, si se observaron cambios respecto de la fecha de análisis; los días 1 y 7 de almacenamiento se registraron los valores más bajos respecto de los valores registrados los días 13 y 19, donde alcanzaron los valores máximos. En cada una de las fechas de análisis no se observó efecto de las dosis de irradiación en esta variable. Para los frutos del estado de madurez $\frac{3}{4}$ almacenada a 20°C, iniciaron su cambio de color más notorio a partir del día 7 sin observarse efectos de las dosis de irradiación en cada fecha de análisis.

En ambos estados de madurez y para todas las variedades, la transferencia de frutos de 10 a 20°C favoreció ligeramente el cambio de color de los frutos sin encontrarse efectos de las dosis de irradiación; no obstante los valores alcanzados no se compararon con los valores alcanzados por los frutos que fueron almacenados de forma continua a 20°C. Estos datos indican un efecto importante de la temperatura de 10°C en el desarrollo del color y por ello sería recomendable almacenar los frutos a 13°C en lugar de 10°C.

Color de la piel. El cambio de color de la piel (valor a^*) fue frenado a la temperatura de 10°C; mientras que a 20°C dichos cambios se dieron de manera más notoria (figura 35 y anexo 5). Los frutos

almacenados a 10°C mantuvieron frenado su color durante el almacenamiento y no mostraron efectos de la dosis de irradiación así como del tiempo de almacenamiento (anexo 5);

Las transferencias de frutos de 10 a 20°C no promovió el desarrollo del color y los valores fueron muy parecidos a los registrados para los frutos almacenados a 10°C (figura 35). Nuevamente, llama la atención que la medición objetiva del color de la piel no mostrara efectos significativos de la dosis de irradiación a diferencia de lo que ocurrió con la evaluación visual externa, se hace la misma hipótesis respecto de que el área de medición objetiva del color no fue lo suficientemente grande que permitiera estimar con mejor precisión los cambios de color.

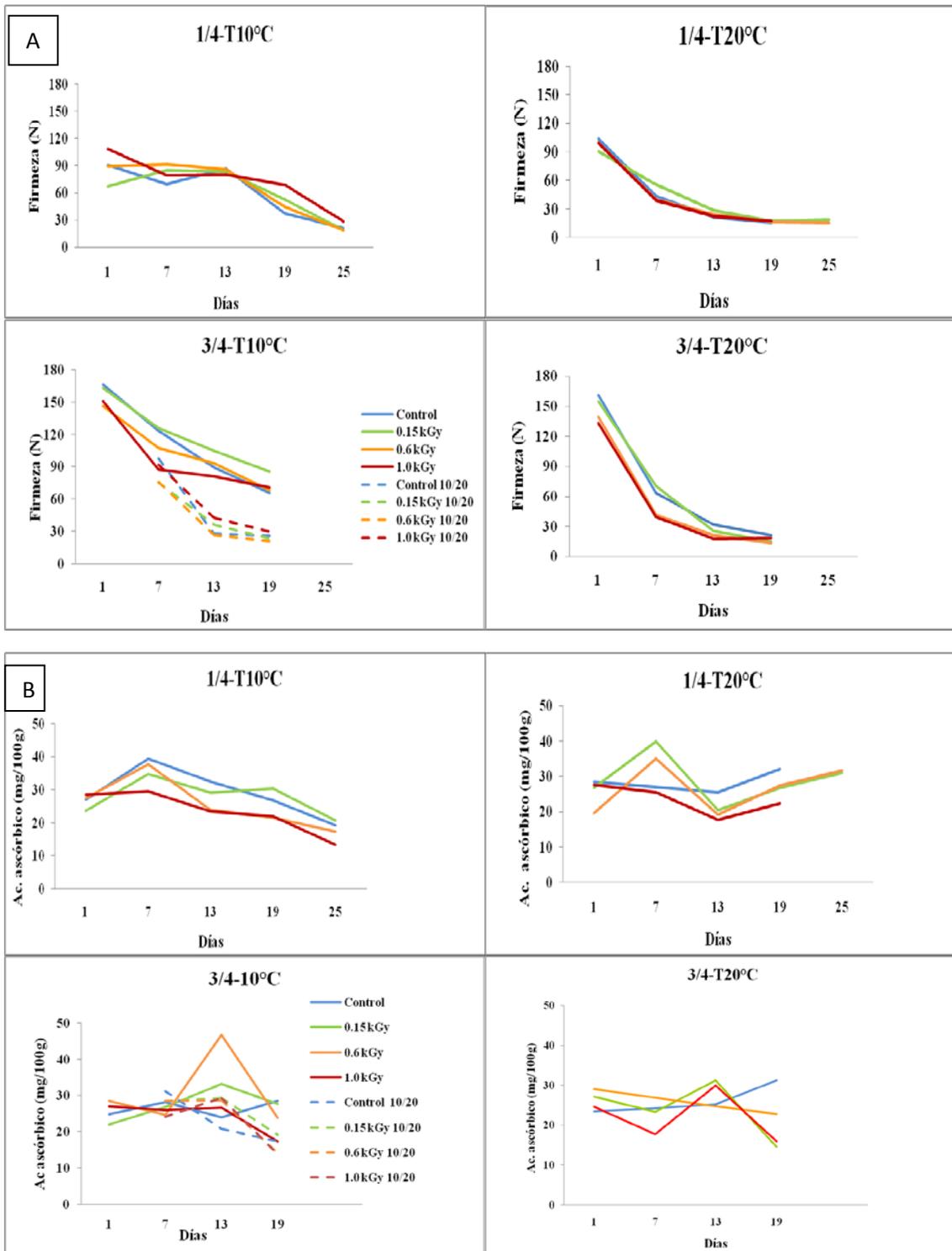


Figura 32. Cambios de la firmeza (A) y del contenido de ácido ascórbico (B) en frutos de mango 'Haden' de diferente estado de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), almacenados a 10 y 20°C e irradiados con diferentes dosis de rayos gamma. Las líneas discontinuas representan los frutos transferidos de 10 a 20°C.

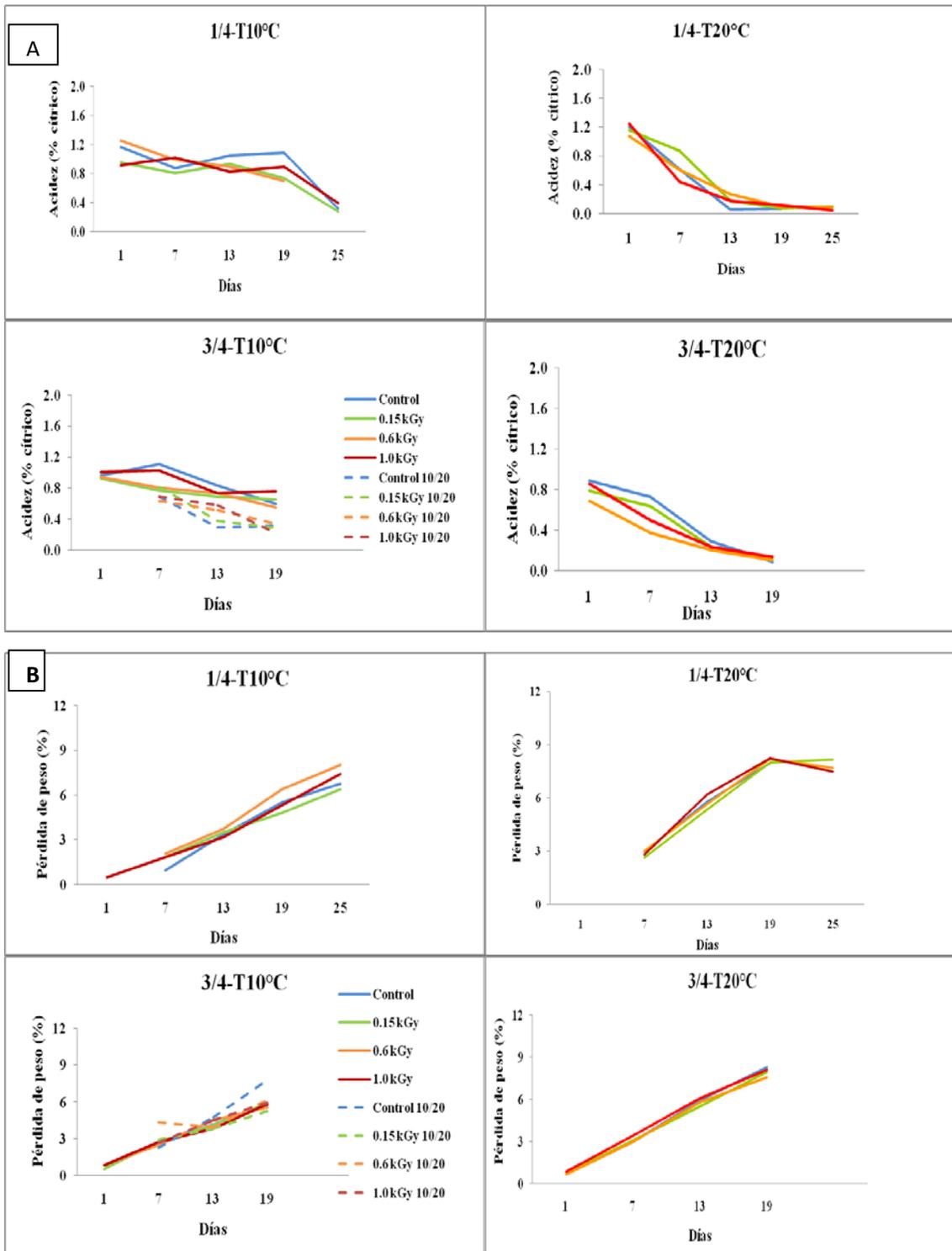


Figura 33. Cambios en el contenido de acidez (A) y pérdida de peso (B) durante el almacenamiento de frutos de mango 'Haden' de diferente estado de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), almacenados a 10 y 20°C e irradiados con diferentes dosis de rayos gamma. Las líneas discontinuas representan los frutos transferidos de 10 a 20°C.

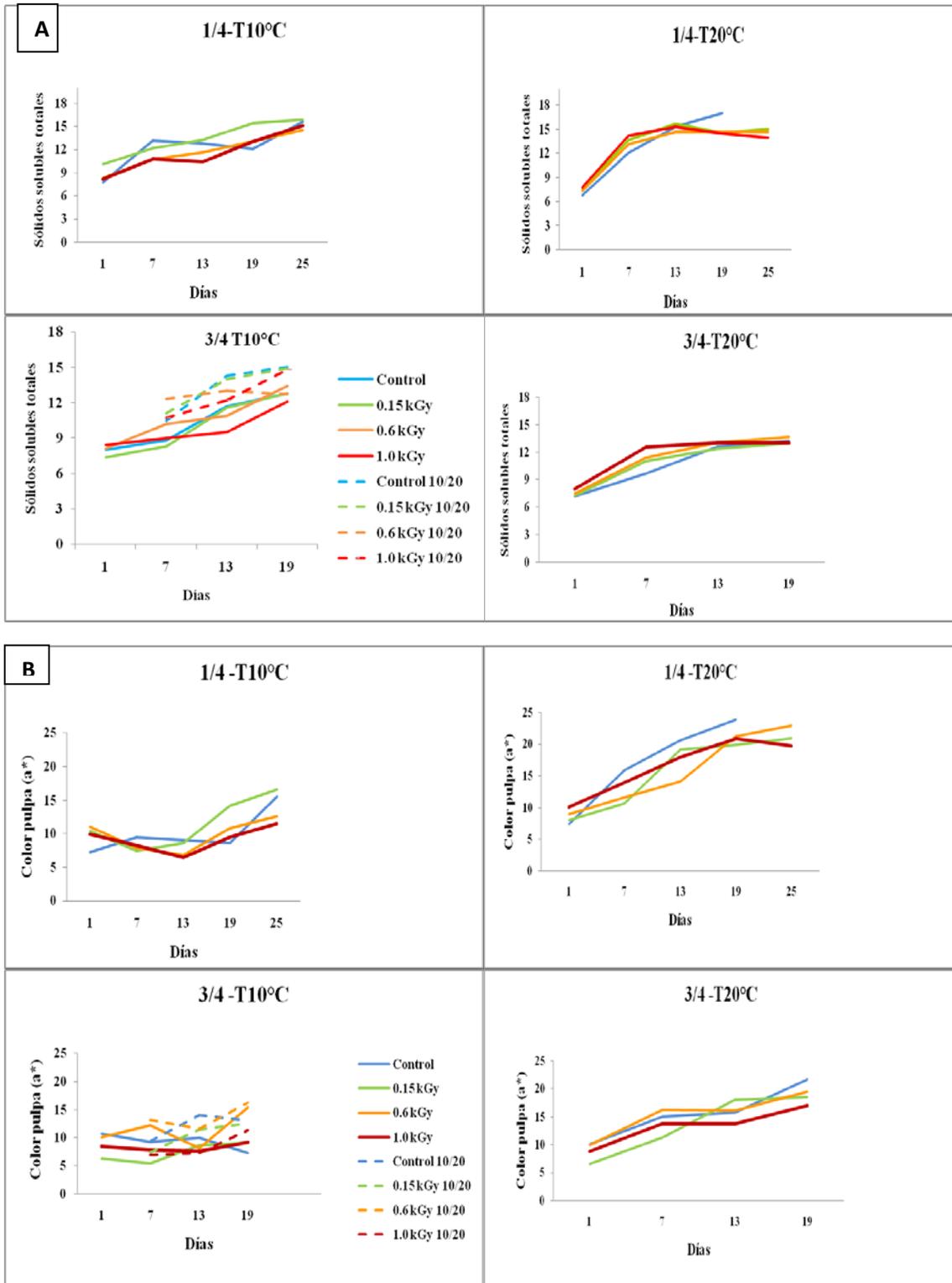


Figura 34. Cambios de los sólidos solubles totales (A) y del color de la pulpa (B) en frutos de mango 'Haden' de diferente estado de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados con diferentes dosis de rayos gamma y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas representan los frutos transferidos de 10 a 20°C.

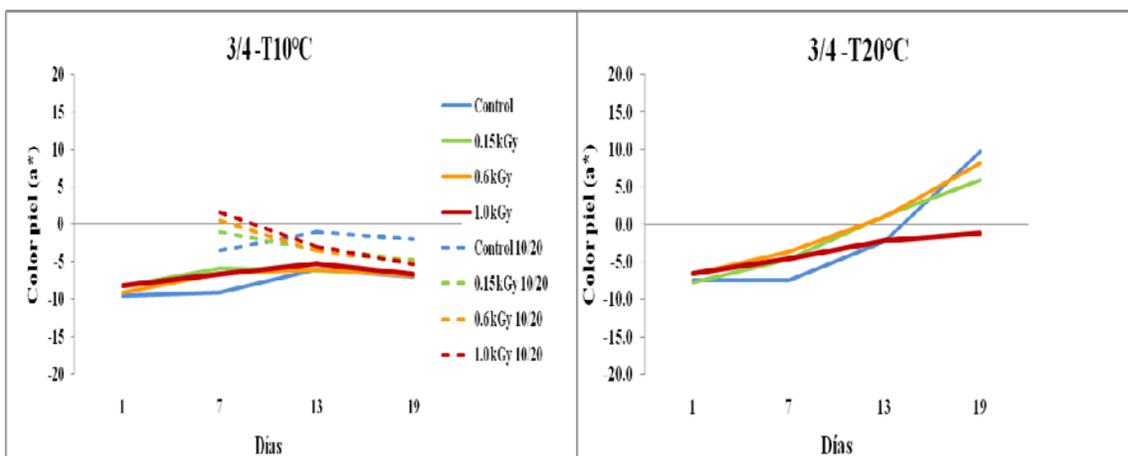


Figura 35. Cambios en el color de la piel de frutos de mango 'Haden' en diferente estado de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados con diferentes dosis de rayos gamma y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas representan los frutos transferidos de 10 a 20°C.

4.1.3.3 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango 'Kent'.

Firmeza. Los valores de firmeza registrados un día después de los tratamientos de irradiación (anexo 6), ubicaron a esta variedad dentro de las variedades de alta firmeza (87 a 164 N).

Conforme a lo esperado para ambos estados de madurez y dosis de irradiación aplicadas, el almacenamiento a 20°C mostró una pérdida de firmeza más acelerada respecto de los frutos almacenados a 10°C los cuales mantuvieron más altos sus valores de firmeza durante el almacenamiento (figura 36A).

Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas asociadas al estado de madurez, temperatura de almacenamiento y dosis aplicadas (figura 36A y anexo 6). Después de 1 y 7 días de almacenamiento, los frutos de madurez $\frac{1}{4}$, tratados con 1.0 kGy registraron los menores valores de firmeza en ambas temperaturas de almacenamiento; no obstante, esta diferencia no fue registrada a los 13 y 19 días de almacenamiento. La comparación entre los conjuntos de frutos almacenados a 10 y 20°C indicó que la firmeza fue menor en aquellos frutos almacenados a 20°C respecto de los almacenados a 10°C. Para el estado de madurez $\frac{3}{4}$, la firmeza registrada un día después de los tratamientos; indicó que los frutos control mostraron una mayor firmeza respecto de los frutos irradiados en ambas temperaturas de almacenamiento; en el día 7, esta diferencia solo se observó en los frutos almacenados a 10°C. Después de 13 y 19 días de almacenamiento no se registraron diferencias entre los tratamientos. Para los frutos de ambos estados de madurez transferidos de 10 a 20°C, no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos ni con los frutos almacenados a 20°C.

Los datos anteriores indicaron que la aplicación de 1.0 kGy provocó menor firmeza los primeros días después del tratamiento pero este efecto desapareció a medida que avanzó el almacenamiento; así mismo la firmeza no se vio alterada por la transferencia de frutos de 10°C a 20°C.

Contenido de ácido ascórbico. Aunque la figura 36B parece indicar que los primeros 7 días de almacenamiento a ambas temperaturas hubo diferencias en el contenido de ácido ascórbico entre las distintas dosis de irradiación aplicadas; el análisis estadístico (anexo 6) detectó diferencias puntuales en determinados días, para determinadas dosis, temperaturas y estados de madurez las cuales desaparecieron a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento (días 13 y 19) y con ello esta

variable de respuesta perdió su importancia como indicador del cambio de calidad de los frutos. Después de 7 días de almacenamiento, los frutos control de ambos estados de madurez y almacenados a 20°C, mostraron un mayor contenido de ácido ascórbico (42 a 45 mg 100g⁻¹) respecto de los sometidos a las diferentes dosis de irradiación (29 a 34 mg 100g⁻¹) las cuales fueron estadísticamente iguales entre sí (figura 36B y anexo 6).

En todas las fechas de análisis, los frutos de ambos estados de madurez que fueron almacenados a 10°C y transferidos a 20°C, no mostraron diferencias significativas en su contenido de ácido ascórbico aunque el tratamiento de 1.0 kGy tuvo tendencia a presentar valores más bajos que los demás tratamientos (figura 36B). La comparación en el día 7, de los frutos de ambos estados de madurez con los almacenados a 20°C, indicó que todo el conjunto de frutos transferidos tuvieron contenidos de ácido ascórbico más bajo (29 a 32 mg 100g⁻¹) respecto de los frutos control almacenados a 20°C (42 mg 100g⁻¹), indicando un efecto negativo del almacenamiento a 10°C en combinación con altas dosis de irradiación (figura 36B). No obstante, esta diferencia no fue observada en las posteriores fechas de análisis.

De acuerdo con estos datos, se puede asumir que las dosis de irradiación aplicadas solo tuvieron efectos en el contenido de ácido ascórbico en el almacenamiento a corto plazo a las dos temperaturas estudiadas; pero este desapareció después de 13 o 19 días de almacenamiento. No obstante, los frutos transferidos de 10 a 20°C e irradiados a 1.00 kGy, tuvieron contenidos de ácido ascórbico más bajos respecto de los frutos control almacenados a 20°C, lo cual sugiere que al estrés de irradiación se añadió el estrés de baja temperatura lo que provocó una mayor pérdida del ácido ascórbico. Por ello es recomendable evitar las aplicaciones de dosis altas de irradiación (0.93 a 1.41 kGy).

Acidez titulable. Ambos estados de madurez almacenados a 10°C, no mostraron cambios asociados a la dosis de irradiación aplicada ni a las fechas de análisis (figura 37A y anexo 6). A 20°C, no se registraron cambios asociados a la dosis de irradiación en ambos estados de madurez pero si se observó una disminución de los contenidos de acidez durante el almacenamiento; después de 13 y 19 días los valores fueron menores (0.2 a 0.3%) aunque estadísticamente iguales entre sí. En frutos de madurez ¼ tratados a 1.0 kGy y transferidos de 10 a 20°C, mostraron los valores más altos en el día 19 (1.6%) mientras que todos los demás tratamientos tuvieron valores menores e iguales entre sí; para la transferencia de frutos de madurez ¾, los tratados con 0.6 y 1.0 kGy también mostraron valores más altos que los frutos control e irradiados a 0.15 kGy este comportamiento es difícil de explicar aunque puede haber un efecto asociado a las dosis altas de irradiación o una variabilidad en las muestras analizadas.

Estos datos sugieren que la temperatura fue el factor más importante que reguló los cambios de acidez aunque el tiempo de almacenamiento a 10°C y la transferencia a 20°C asociado a altas dosis de irradiación parecieron alterar el proceso de maduración. Ello sugiere la conveniencia de aplicar dosis de irradiación por debajo de 0.93 kGy.

Pérdida de peso. Los frutos almacenados a 10°C perdieron menos peso que los almacenados a 20°C (figura 37B y anexo 6). A 10°C se detectaron diferencias estadísticas debidas a la dosis de irradiación aplicada y a las fechas de análisis. Los frutos de madurez ¼ irradiados a 1.00 kGy y almacenados durante 13 y 19 días a 20°C mostraron una mayor pérdida de peso. Los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias estadísticamente significativas debidas a las dosis de irradiación y la pérdida de peso alcanzada fue menor que la registrada por los frutos que fueron almacenados a 20°C (figura 37B)

De acuerdo con estos datos, la pérdida de peso no fue un buen indicador para evaluar los efectos de las dosis de irradiación aplicados. Aunque aquellos frutos de madurez $\frac{1}{4}$, tratados con 1.0 kGy y almacenados a 20°C perdieron más peso, por lo que también se debe evitar la aplicación de dosis en el rango de 0.93 a 1.41 kGy.

Sólidos solubles totales. Al igual que la acidez titulable, los cambios más importantes observados durante el almacenamiento se debieron a la temperatura de almacenamiento. Todos los frutos que estuvieron almacenados a 20°C aumentaron su contenido de sólidos solubles de manera más rápida conforme transcurrió el almacenamiento mientras que aquellos que fueron almacenados a 10°C mostraron cambios más ligeros (figura 38A y anexo 6).

Durante los primeros 7 días de almacenamiento; los frutos de ambos estados de madurez almacenados a 10 y 20°C no mostraron diferencias entre las distintas dosis de irradiación aplicadas (anexo 6); no obstante para los días 13 y 19 los contenidos de sólidos solubles fueron estadísticamente mayores observándose que en los frutos sometidos a dosis de 1.0 kGy, tuvieron contenidos de sólidos solubles totales estadísticamente menores respecto de los frutos control y tratados a menores dosis que fueron estadísticamente similares entre sí (figura 38A y anexo 6). Este datos señalan que los rangos de dosis de 0.93 a 1.41 kGy alteraron los procesos de maduración de esta variedad evitando que el fruto alcanzara mayores contenidos de sólidos solubles observándose un mayor efecto en los frutos de madurez $\frac{1}{4}$. Los frutos almacenados a 10°C y transferidos a 20°C no indicaron diferencias significativas entre los tratamientos de irradiación y fueron similares a la evolución que siguieron los frutos almacenados a 20°C de forma continua.

De acuerdo con los datos obtenidos, esta variable puede ser un indicador de alteraciones del proceso de maduración que provocaría un tratamiento de irradiación a dosis de 0.93 a 1.41 kGy. Los efectos de estas dosis se vieron incrementados cuando el estado de madurez fue de $\frac{1}{4}$. Por ello se recomienda no cosechar frutos en madurez $\frac{1}{4}$ y evitar la irradiación en el rango mencionado.

Color de la pulpa. El almacenamiento de los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ a 10°C, frenó los cambios de color de la pulpa sin observarse efectos de las fechas de análisis ni de la dosis de irradiación (figura 38B y anexo 6). Para el estado de madurez $\frac{3}{4}$ y durante los primeros 13 días de almacenamiento a 10°C, los frutos control mostraron mayor desarrollo del color respecto de los frutos irradiados a las diferentes dosis, aunque en el día 19 todos los tratamientos no mostraron diferencias entre sí. A 20°C, hubo un mayor desarrollo del color de la pulpa observándose diferencias estadísticas asociadas a los tratamientos de irradiación; los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ no irradiados e irradiados a 0.15 kGy registraron un mayor cambio de color de la pulpa respecto de los frutos irradiados a 0.60 y 1.00 (figura 38B), mientras que en madurez $\frac{3}{4}$ no se observaron diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos.

En ambos estados de madurez la transferencia de frutos de 10 a 20°C favoreció ligeramente el cambio de color de los frutos sin encontrarse efectos de las dosis de irradiación; no obstante los valores alcanzados no se compararon con los valores alcanzados por los frutos que fueron almacenados a 20°C de forma continua (figura 38B).

Estos datos indican un efecto importante de la temperatura de 10°C en el desarrollo del color y por ello sería recomendable almacenar los frutos a 13°C en lugar de 10°C.

De forma general, la medición objetiva del color de la pulpa indicó que el estado de madurez $\frac{1}{4}$ presentó más alteraciones en el desarrollo del color cuando fue sometida a dosis de 0.6 a 1.41 kGy por lo que es recomendable no procesar frutos en ese estado de madurez y preferiblemente evitar las dosis altas de irradiación.

Color de la piel. El cambio de color de la piel (valor a^*) de los frutos de ambos estados de madurez fue frenado a la temperatura de 10°C no observándose diferencias estadísticas entre las dosis de irradiación y los días de almacenamiento (figura 39 y anexo 6); a 20°C dichos cambios se dieron de manera más notoria aunque no se observaron cambios respecto de las dosis aplicadas.

La transferencia de frutos de 10 a 20 ° C mostró cambios discretos con valores de color de la piel parecidos a los registrados por los frutos almacenados a 20°C (figura 39). Los cambios de color de la piel en esta variedad confirmaron parcialmente las observaciones de calidad visual de los frutos.

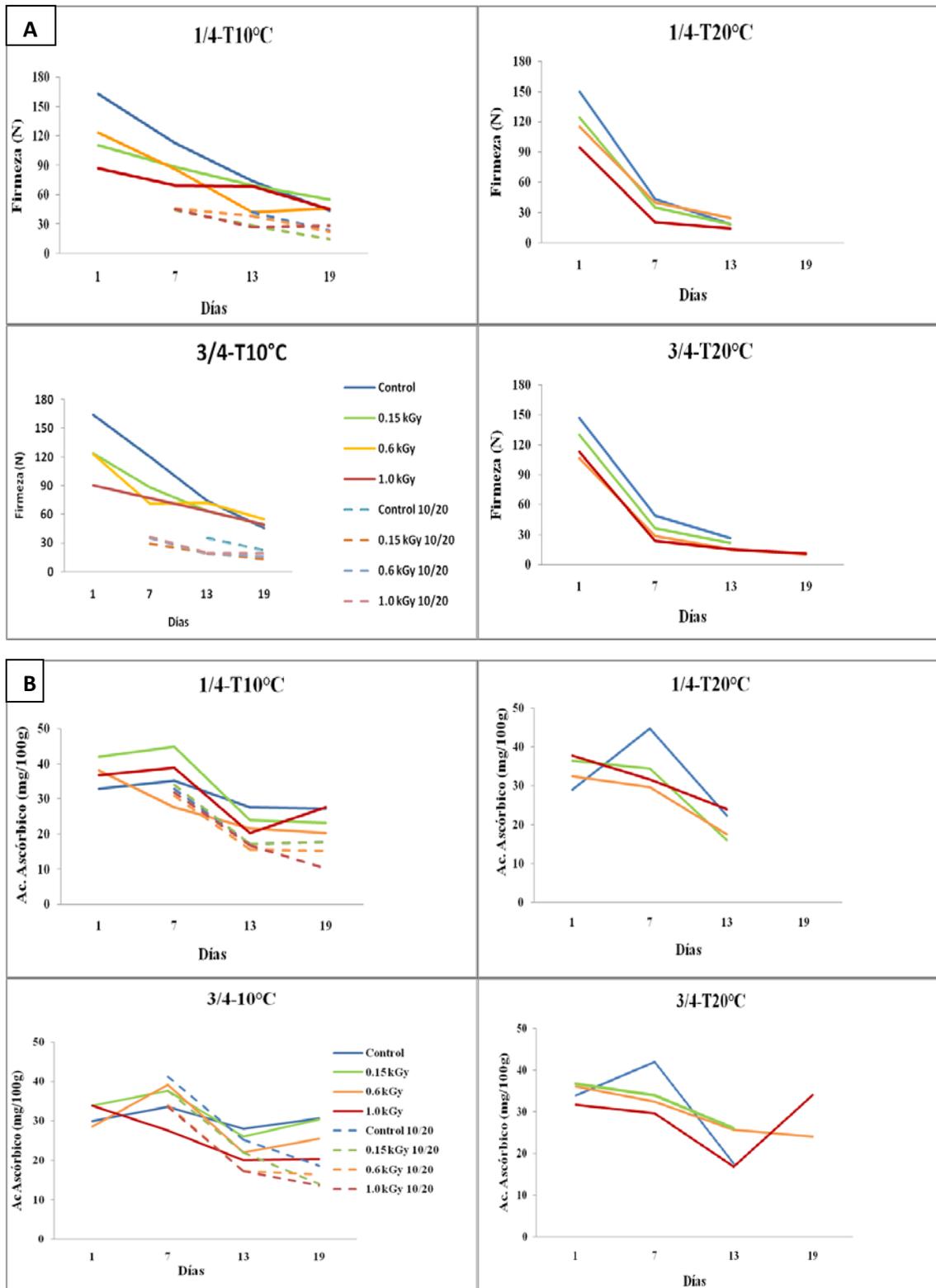


Figura 36. Cambios en la firmeza (A) y el contenido de ácido ascórbico (B) en frutos de mango 'Kent', de distintos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos transferidos de 10 a 20°C.

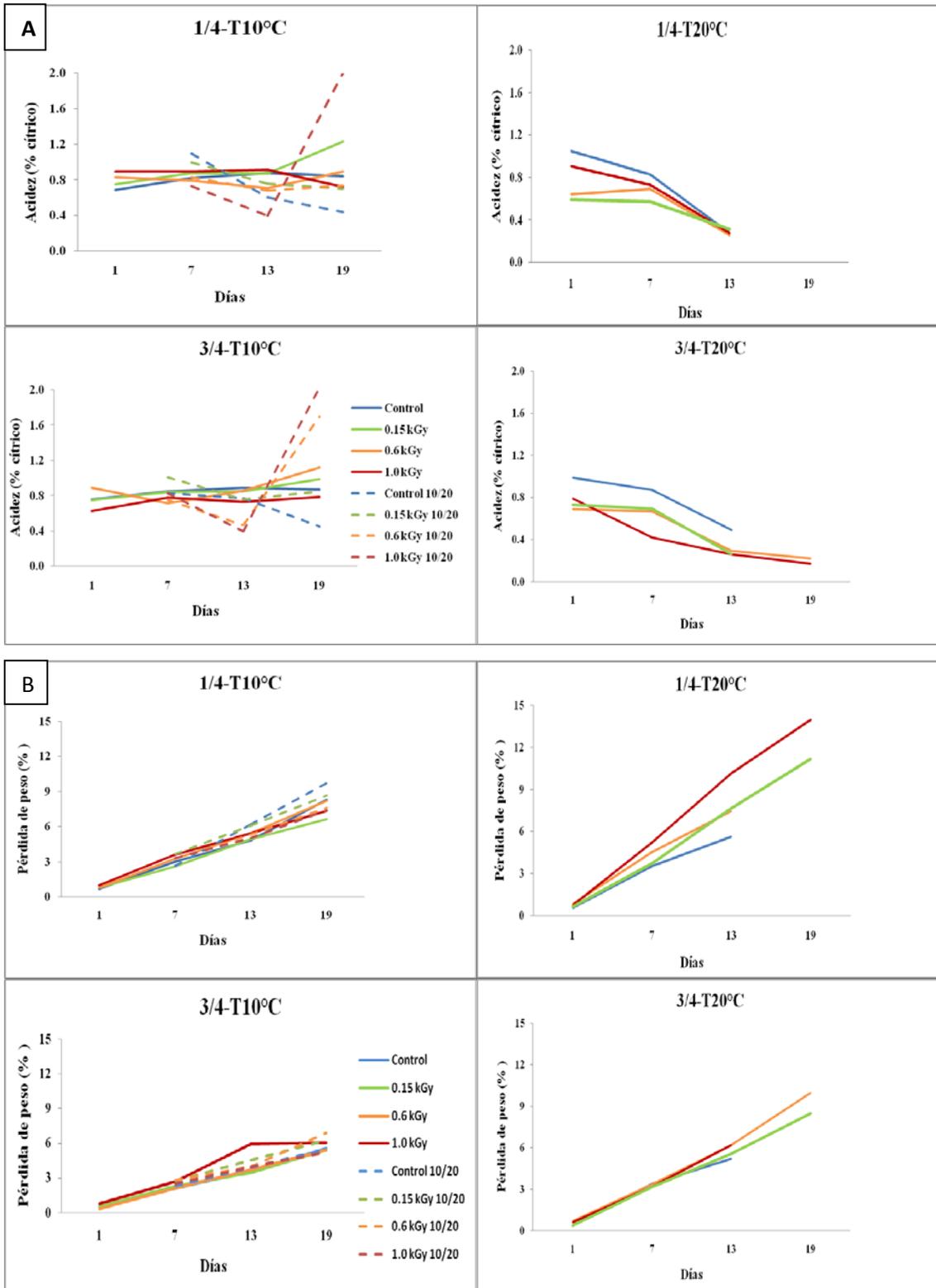


Figura 37. Contenido de acidez (A) y pérdida de peso (B) en frutos de mango 'Kent', de distintos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos transferidos de 10 a 20°C.

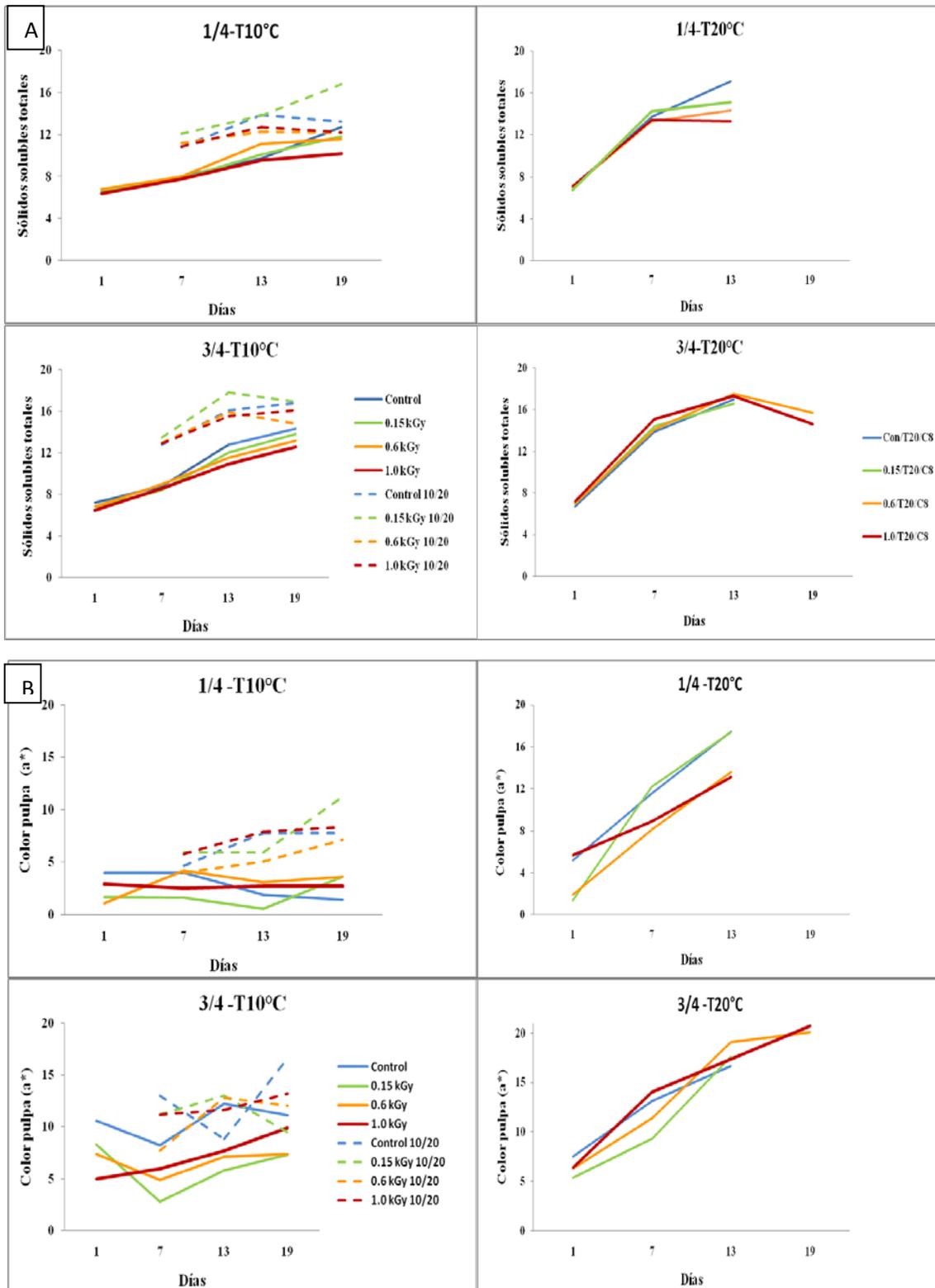


Figura 38. Cambios de los sólidos solubles totales (A) y color de la pulpa (B) en frutos de mango 'Kent', de distintos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos transferidos de 10 a 20°C.

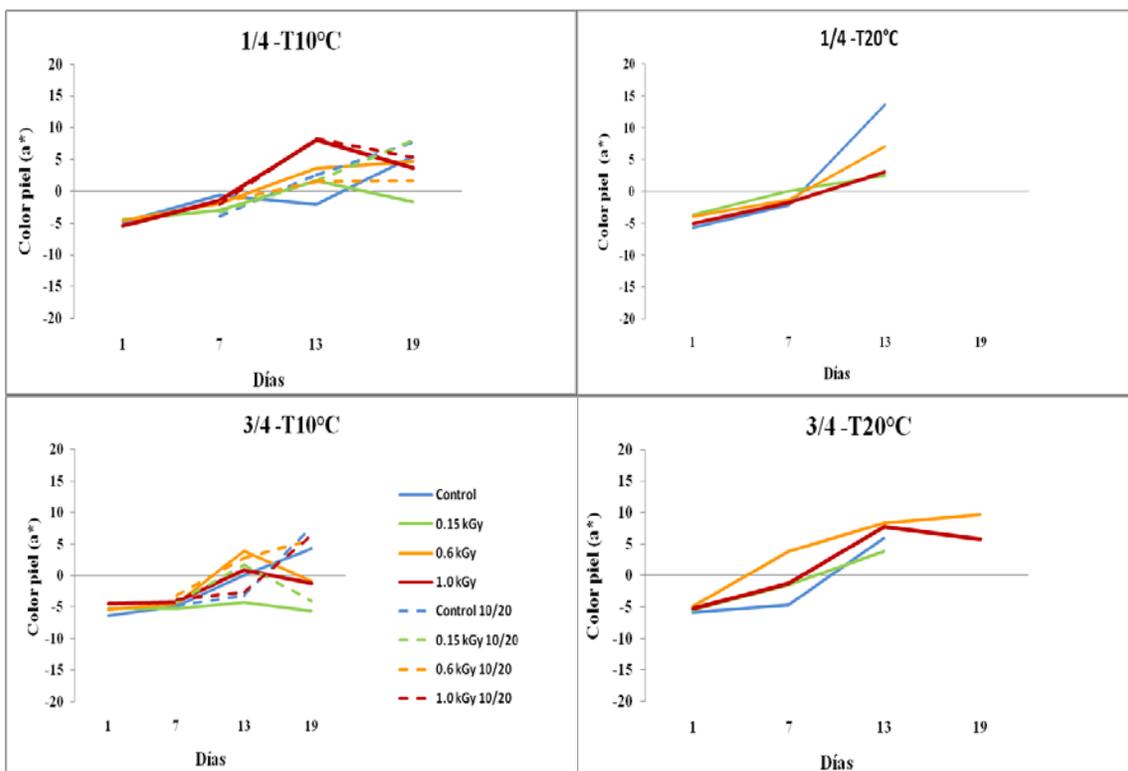


Figura 39. Cambios de color de la piel (valor a^*) en frutos de mango 'Kent', de distintos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos transferidos de 10 a 20°C.

4.1.3.4 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango 'Keitt'.

Firmeza. De acuerdo a los valores de firmeza registrados el primer día de almacenamiento; esta variedad también pertenece a frutos de alta firmeza. Los cambios más importantes en este factor durante el almacenamiento se registraron en los frutos almacenados a 20°C mientras que a 10°C los cambios fueron menores. Los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ almacenados a 10°C no mostraron diferencias significativas entre las dosis aplicadas en cada fecha de análisis observándose valores similares durante todo el almacenamiento (figura 40A y anexo 7); los frutos control e irradiados a 0.15 kGy, de madurez $\frac{3}{4}$ y almacenados a 10°C durante 13 y 19 días mostraron valores de firmeza menores que los frutos tratados a 0.60 y 1.00 kGy indicando que la irradiación a esas dosis retrasó el proceso de ablandamiento de los frutos. A 20°C en ambos estados de madurez se observó que los frutos irradiados a 1.00 kGy registraron los valores de firmeza menores. Estos datos indican que aunque a 10°C la irradiación a 0.6 y 1.00 kGy parece retrasar el ablandamiento, este efecto no se presentó durante el almacenamiento a 20°C.

Respecto de los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C; para ambos estados de madurez hubo una disminución de la firmeza que alcanzó valores similares a los registrados por los frutos almacenados a 20°C, no observándose diferencias significativas entre las dosis aplicadas (figura 40A).

Estos datos indican que las dosis altas de irradiación aceleran el proceso de ablandamiento de los frutos cuando estos se almacenan a 20°C por ello parece razonable no recomendar la aplicación de dosis altas de irradiación a estos frutos.

Ácido ascórbico. Los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ almacenados a 10°C no mostraron efectos de la dosis de irradiación aunque sí se presentaron diferencias asociadas al periodo de almacenamiento; mientras que en estado de madurez $\frac{3}{4}$ los frutos irradiados a 0.60 y 1.00 kGy almacenados por 13 y 19 días presentaron los valores más bajos (figura 40B y anexo 7). A 20°C los frutos de ambos estados de madurez e irradiados a 0.60 y 1.00 kGy mostraron valores estadísticamente menores respecto del control y tratados a 0.15 kGy. Al final del periodo de almacenamiento, los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ irradiados a 1.00 kGy y transferidos de 10 a 20°C , registraron los valores menores ($20.6 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) respecto de los demás tratamientos ($30 \text{ a } 35 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) (figura 40B). En los frutos de madurez $\frac{3}{4}$, solo se registraron diferencias en el día de 7 de almacenamiento donde nuevamente los frutos tratados a 0.6 y 1.0 kGy mostraron menores contenidos de ácido ascórbico aunque en las fechas de análisis posteriores no se detectaron diferencias entre los diferentes grupos.

Los datos anteriores indican que el estado de madurez $\frac{1}{4}$ así como dosis de irradiación altas promueven una mayor pérdida de ácido ascórbico lo que sugiere evitar el irradiar mangos en estado de madurez $\frac{1}{4}$ y no aplicar dosis en el rango de 0.54 a 1.51 kGy.

Acidez. Los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ almacenados a 10°C , no mostraron cambios estadísticamente significativos durante todo el periodo de almacenamiento, mientras que los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ mostraron cambios durante el almacenamiento pero dichos cambios no estuvieron relacionados a las dosis de irradiación aplicadas (figura 41A y anexo 7). Los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ almacenados a 20°C mostraron diferencias estadísticamente significativas asociadas al periodo de muestreo pero no a las dosis de irradiación aun cuando los frutos no irradiados tendieron a registrar los valores mas altos (figura 41A y anexo 7). Los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ mostraron diferencias asociadas a las fechas de análisis y a las dosis de irradiación aplicadas (anexo 7); después de 13 y 19 días de almacenamiento los frutos no irradiados mostraron una menor disminución de la acidez respecto de los frutos irradiados, los cuales fueron iguales entre sí (figura 41A). La variabilidad de datos de acidez de los frutos transferidos de 10 a 20°C no permitió observar diferencias entre los diferentes tratamientos de irradiación ni con los frutos almacenados a 20°C ; aunque la figura 41A indica que los frutos de ambos estados de madurez e irradiados a 1.00 kGy disminuyeron su acidez más rápidamente.

Los datos anteriores señalan que la acidez no permitió observar claramente los efectos de la irradiación pero si mostró que la temperatura de 10°C frena los cambios de acidez especialmente en frutos de madurez $\frac{1}{4}$ y que durante las transferencias a 20°C hubo una mayor disminución de la acidez en frutos irradiados a 1.00 kGy.

Pérdida de peso. Los frutos de ambos estados de madurez almacenados a 10°C perdieron menos peso que los almacenados a 20°C (figura 41B y anexo 7); así mismo a 10°C tampoco se observaron diferencias significativas entre las diferentes dosis de irradiación aplicadas en cada una de las fechas de muestreo aunque si se observaron diferencias entre los diferentes días de muestreo; los frutos que se almacenaron durante más tiempo perdieron mas peso (anexo7). A 20°C y durante los primeros 13 días de almacenamiento solo se observaron diferencias significativas asociadas a las fechas de muestreo pero no a las dosis de irradiación aplicadas; en el día 19, todos los frutos irradiados perdieron más peso respecto de los frutos no irradiados (anexo 7). Los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias estadísticamente significativas debidas a las dosis de irradiación y fueron similares al conjunto de frutos control que fueron almacenados a 20°C

De acuerdo con los datos de esta variable, la pérdida de peso no fue un buen indicador para evaluar los efectos de las dosis de irradiación aplicados.

Sólidos solubles totales. Al igual que la acidez titulable, en esta variable respuesta, los cambios más importantes observados durante el almacenamiento se debieron a la temperatura de

almacenamiento. Todos los frutos almacenados a 20°C aumentaron su contenido de sólidos solubles conforme transcurrió el almacenamiento mientras que aquellos que fueron almacenados a 10°C mostraron cambios más ligeros (figura 42A). Durante los primeros 7 días de almacenamiento a esa temperatura, los frutos irradiados a las distintas dosis no mostraron diferencias significativas; no obstante, después de 13 y 19 días de almacenamiento los frutos irradiados a 1.00 kGy incrementaron en menor grado su contenido de sólidos solubles totales lo cual indicó un retraso en el proceso de maduración. Para los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ tampoco se encontraron diferencias significativas entre las distintas dosis aplicadas durante los 13 primeros días de almacenamiento aunque en el día 19, los frutos irradiados a 1.00 kGy mostraron menor desarrollo de sus sólidos solubles totales (figura 42A) indicando también un retraso en el proceso de maduración debido a la dosis aplicada.

A 20°C el cambio de los sólidos solubles fue más marcado respecto del que fue observado a 10°C; no obstante no se observaron diferencias significativas entre las distintas dosis de irradiación aplicadas (anexo 7) y solo hubo diferencias significativas entre las distintas fechas de muestreo. Los frutos de estado de madurez $\frac{1}{4}$ transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias entre las distintas dosis aplicadas ni con los frutos almacenados a 20°C. Los frutos en estado de madurez de $\frac{3}{4}$ transferidos de 10 a 20°C mostraron un menor desarrollo de sólidos solubles aquellos que fueron irradiados a 1.00 kGy (figura 42A) lo cual indicó que esta dosis retrasa los procesos de maduración.

Estos datos señalan que los rangos de dosis de 0.87 a 1.51 kGy alteraron los procesos de maduración de esta variedad evitando que el fruto alcanzara mayores contenidos de sólidos solubles.

De acuerdo con los datos obtenidos, esta variable puede ser un indicador de alteraciones del proceso de maduración que provocaría un tratamiento de irradiación en el rango de 0.87 a 1.51 kGy. Los efectos de estas dosis se ven agravados cuando el estado de madurez fue de $\frac{1}{4}$. Por ello no es recomendable cosechar frutos en madurez $\frac{1}{4}$ y evitar la irradiación en el rango mencionado.

Color de la pulpa. La figura 42B muestra los cambios de color interno (valor de a^*) registrados durante el almacenamiento de los frutos sometidos a diferentes dosis de irradiación; y el anexo 7 concentra la comparación de medias de los análisis estadísticos.

Como se esperaba, los mayores cambios de color ocurrieron en los frutos almacenados a 20°C; mientras que a 10°C se observó escasa evolución del color. Los frutos en estado de madurez $\frac{1}{4}$ almacenados a 10°C durante 13 días no mostraron evolución del color de la pulpa en todos los tratamientos; no obstante en el día 19 se observó que los frutos irradiados a todas las dosis mostraron valores de color estadísticamente iguales entre sí pero menores respecto de los frutos no irradiados indicando que la irradiación alteró el cambio de color de los frutos. Para el estado de madurez $\frac{3}{4}$ no se observaron efectos ni de la dosis ni del tiempo de muestreo (anexo 7) indicándose que la temperatura de 10°C freno los cambios de color. A 20°C los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ no mostraron diferencias entre las diferentes dosis de irradiación y solo se observaron diferencias entre las fechas de muestreo; los frutos almacenados por 13 y 19 días mostraron mayor desarrollo de color respecto de los almacenados por 1 y 7 días. Los frutos transferidos de 10 a 20°C mostraron menor desarrollo de color en todos los tratamientos no logrando alcanzar el color desarrollado por los frutos almacenados a 20°C lo cual señaló un efecto importante del almacenamiento a 10°C. No obstante, los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ e irradiados a 1.00 kGy mostraron un mayor retraso en la evolución del color de la pulpa indicando que esta dosis altera aun más el proceso de maduración (figura 42B) lo cual estuvo asociado con el desarrollo de tejido esponjoso descrito en la sección de cambios del aspecto visual interno.

El cambio de color en los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ de esta variedad fue más pronunciado respecto del alcanzado por el estado de madurez $\frac{1}{4}$ lo cual llama la atención sobre la importancia de cosechar frutos en estado de madurez $\frac{3}{4}$ en lugar de $\frac{1}{4}$.

De forma general, la medición objetiva del color de la pulpa solo fue útil para detectar cambios drásticos del color asociados a la dosis de 1,0 kGy (rango de 0.87 a 1.51 kGy) aunque esta medición no superó la observación visual de los frutos dado que el registro de este parámetro solo se realizó en una circunferencia de 1 cm de diámetro.

Color de la piel. El análisis estadístico de los datos de color de la piel para los frutos de ambos estados de madurez almacenados a 10°C, solo determinó diferencias asociadas a la fecha de muestreo y no a la dosis de irradiación (figuras 43 y anexo 7). También para los frutos almacenados a 20°C de ambos estados de madurez no se observaron diferencias asociadas a las dosis de irradiación y si a la fecha de muestreo,

Las transferencias de frutos de 10 a 20°C mostraron cambios más discretos. Los valores de color registrados en las transferencias fueron parecidos a los registrados por los frutos almacenados a 20°C (figura 43).

La medición objetiva del color de la piel no permitió observar los aspectos señalados en la calidad visual externa señalados para esta variedad, es posible que la pequeña ventana donde se midió esta variable no registre los cambios evidentes que se indican en aquella sección.

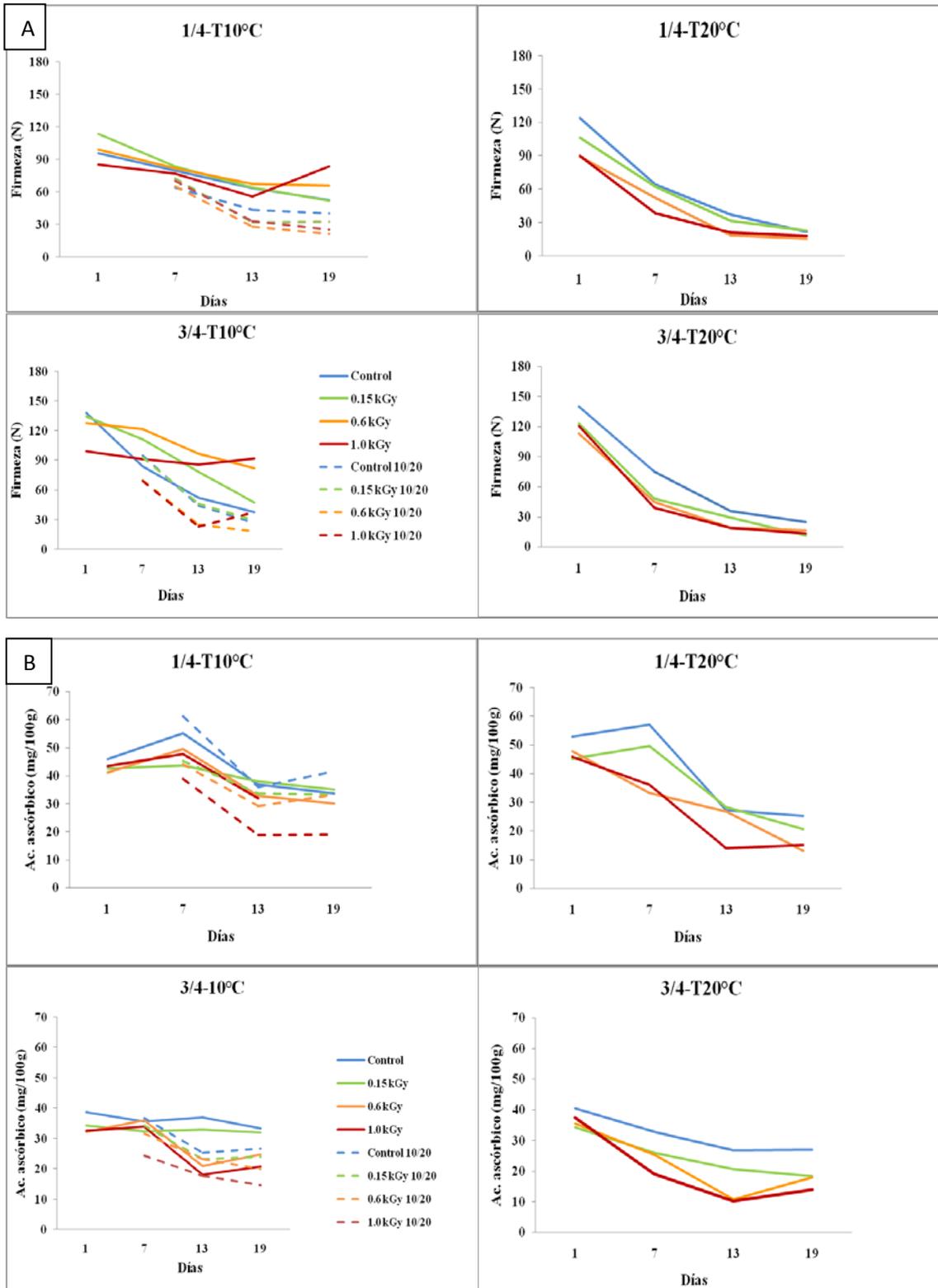


Figura 40. Cambios en la firmeza (A) y de ácido ascórbico (B) en frutos de mango 'Keitt' de diferentes estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C.

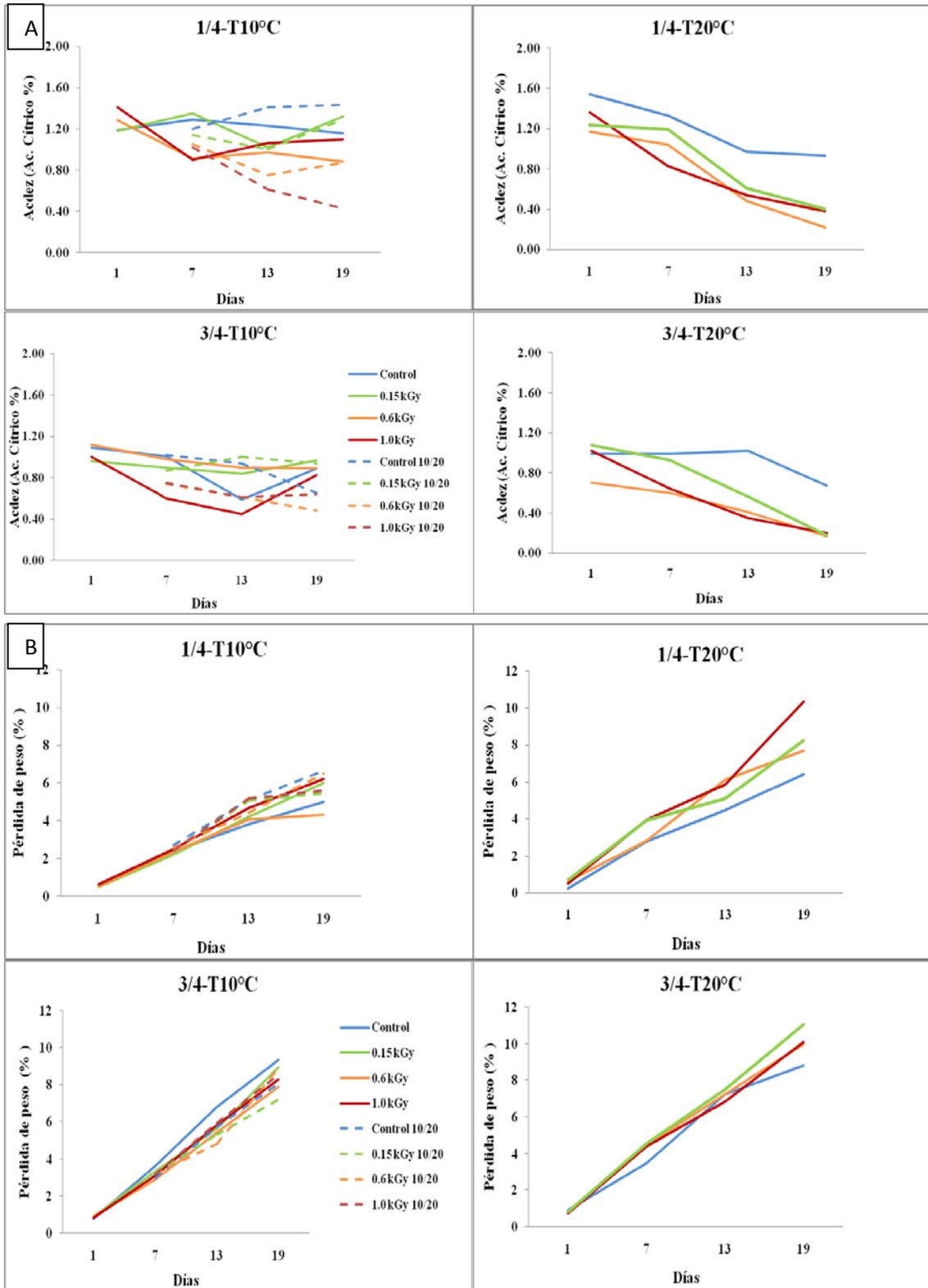


Figura 41. Cambios en la acidez (A) y pérdida de peso (B) en frutos de mango 'Keitt' de diferentes estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C.

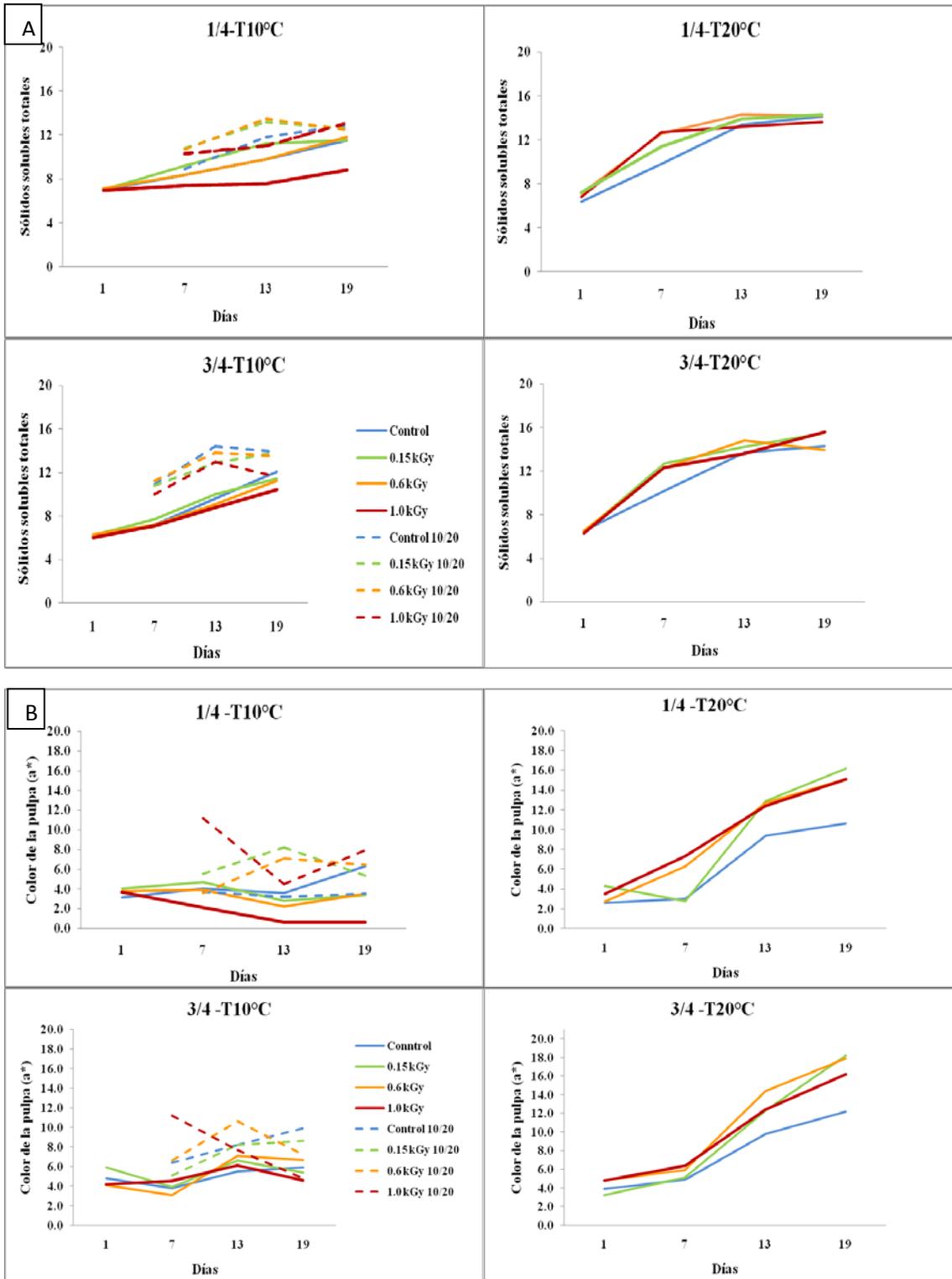


Figura 42. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales (A) y en el color de la pulpa (B) en frutos de mango 'Keitt' de diferentes estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C.

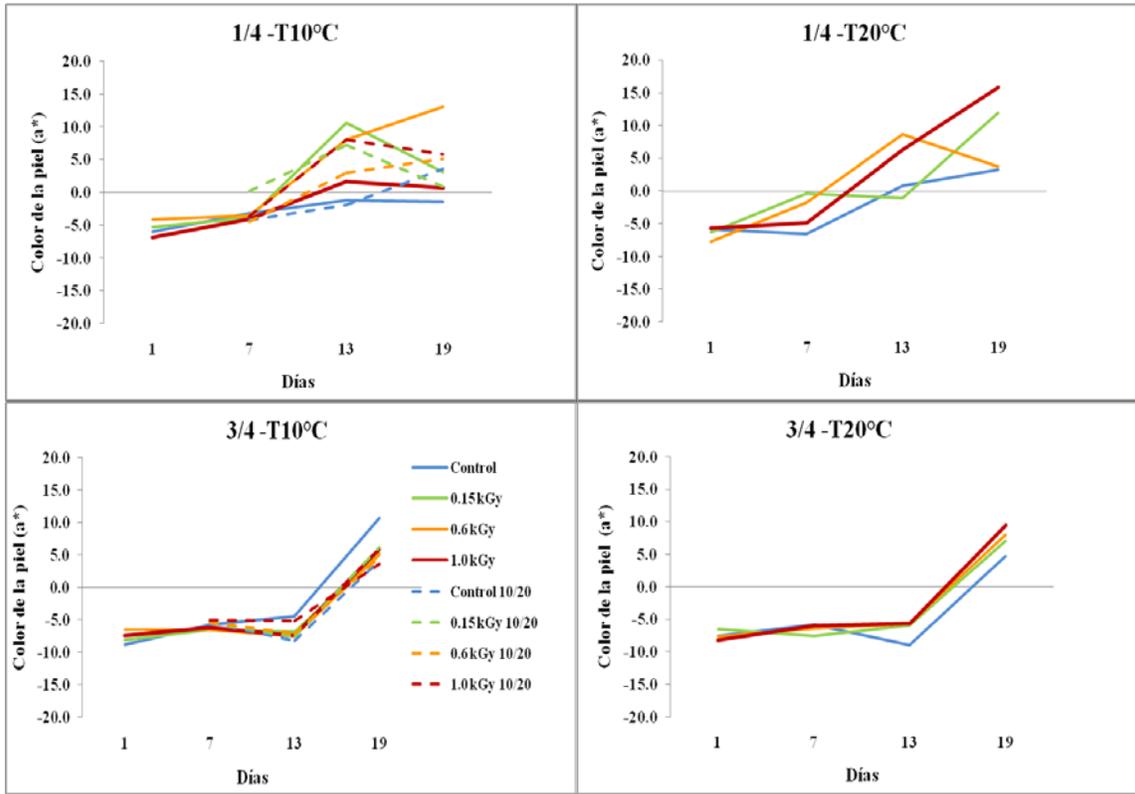


Figura 43. Cambios en el color de la piel en frutos de mango 'Keitt' de diferentes estados de madurez, irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C.

4.1.3.5 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango 'Ataulfo'.

Firmeza. Los valores de firmeza registrados un día después de los tratamientos de irradiación indicaron que esta variedad tiene menores valores de firmeza (38 a 74 N) por ello esta es una variedad con menor resistencia mecánica.

Conforme a lo esperado; el almacenamiento a 20°C provocó una pérdida de firmeza más acelerada respecto de los frutos almacenados a 10°C los cuales mantuvieron más altos sus valores de firmeza durante el almacenamiento (figura 44A).

Aunque en el primer día de almacenamiento a 10°C, los frutos en estado de madurez $\frac{1}{4}$, tratados con 1.0 kGy mostraron valores significativamente menores de firmeza respecto de los demás tratamientos; los siguientes días de almacenamiento no se observaron diferencias estadísticas entre las diferentes dosis aplicadas (figura 44A). Ese estado de madurez almacenado a 20°C no registró diferencias significativas entre las distintas dosis durante todo el periodo de almacenamiento (anexo 8). Los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ almacenados a 10°C no registraron diferencias entre las dosis aplicadas; mientras que después de un día a 20°C el grupo control registró menores valores de firmeza respecto de los grupos tratados a diferentes dosis los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí; no obstante, no se observaron estas diferencias en los posteriores días de almacenamiento en los que todos los grupos fueron estadísticamente iguales. Desde el punto de vista comercial, los cambios de firmeza que ocurrieron durante el almacenamiento no tienen utilidad práctica y puede decirse que la firmeza no fue afectada por las dosis de irradiación aplicadas.

Para los frutos transferidos de 10 a 20°C, de ambos estados de madurez y todas las dosis de irradiación, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ni con el grupo de frutos almacenado a 20°C (figura 44A).

Un aspecto importante que mostró esta variedad y que debe tener interés comercial, es que la firmeza de los frutos tanto almacenados a 20°C como los transferidos de 10 a 20°C alcanzaron su valor mínimo después 7 días de almacenamiento o después de la primera transferencia y se mantuvo igual en las siguientes dos transferencias (día 13 y 19 de almacenamiento); esto indica una diferencia importante entre esta variedad y las cuatro anteriores, en las cuales el proceso de ablandamiento transcurre en un tiempo mayor.

Ácido ascórbico. Esta variedad registró los contenidos más altos de ácido ascórbico respecto de todas la variedades analizadas mostrando un rango de valores de 61 - 151 mg 100g⁻¹ en las diferentes condiciones de almacenamiento (figura 44B y anexo 8). Ambos estados de madurez almacenados a 10°C durante 19 días, no mostraron diferencias significativas del contenido de ácido ascórbico entre los grupos control, y los tratados a 0.15 y 0.6 kGy; no obstante, los frutos tratados con 1.0 kGy mostraron valores significativamente menores de esta vitamina respecto de los demás tratamientos (anexo 8).

En los frutos de madurez $\frac{1}{4}$, irradiados a 1.00 kGy, almacenados a 20°C y después de un día de almacenamiento mostraron los valores más altos de esta vitamina (151 mg 100g⁻¹); no obstante, después de 19 días, ese mismo grupo fue el que mostró los valores más bajos (anexo 8) de todos los tratamientos (68 mg 100 g⁻¹). Para los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ y almacenados a 20°C, los frutos control y tratados con 0.15 y 0.6 kGy mostraron los mayores valores de esta vitamina aunque esta diferencia no se registró en los siguientes fechas de análisis. Estos datos señalan que no es conveniente irradiar estos frutos a dosis en el intervalo de 0.95 a 1.43 kGy.

Los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ y transferidos de 10 a 20°C, no registraron diferencias entre los diferentes tratamientos de irradiación y los frutos control durante todo el periodo de almacenamiento. Mientras que en los frutos de madurez $\frac{3}{4}$, aquellos que fueron irradiados a 1.0 kGy mostraron valores más bajos respecto de los demás tratamientos (figura 44B).

Los datos anteriores, siguieron no tratar a esta variedad con dosis que se encuentren en el rango de 0.95 a 1.43 kGy.

Acidez titulable. A 10°C no se detectaron diferencias asociadas a los diferentes tratamientos de irradiación en el estado de madurez $\frac{1}{4}$ (figura 45A y anexo 8) aunque si se observaron diferencias asociadas al tiempo de almacenamiento; para la madurez $\frac{3}{4}$ no se observaron diferencias asociadas a las dosis aplicadas ni al tiempo de almacenamiento indicando con esto que la temperatura de 10°C frenó el proceso de maduración. A 20°C en ambos estados de madurez, solo se detectaron diferencias asociadas al tiempo de almacenamiento pero no a las dosis de irradiación. Así mismo, el comportamiento de esta variable en los frutos transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos y todos ellos guardaron similitud con los frutos almacenados a 20°C.

De acuerdo a los datos descritos en esta sección, la variable de acidez titulable no estimó efectos asociados a la dosis de irradiación aplicada. Por lo que la acidez no es un indicador adecuado para evaluar la dosis de irradiación.

Pérdida de peso. Los frutos que fueron almacenados a 10°C perdieron menos peso que los almacenados a 20°C (figura 45B y anexo 8). En ambos estados de madurez y condición de temperatura, no se detectaron diferencias significativas asociadas a las dosis de irradiación aplicadas; y como se esperaba se encontraron diferencias estadísticas significativas asociadas a los días de almacenamiento. Los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias estadísticamente significativas debidas a las dosis de irradiación y fueron similares al conjunto de frutos control que fueron almacenados a 20°C

De acuerdo con los datos de esta variable, la pérdida de peso no fue un buen indicador para evaluar los efectos de las dosis de irradiación aplicados. Aunque en el estado de madurez de $\frac{3}{4}$ almacenada a 10°C parece indicar que no se irradian los frutos en el intervalo de 0.95 a 1.43 kGy.

Sólidos solubles totales. Al igual que la acidez titulable, en esta variable respuesta, los cambios más importantes observados durante el almacenamiento se debieron a la temperatura de almacenamiento. Todos los frutos que estuvieron almacenados a 20°C aumentaron su contenido de sólidos solubles conforme transcurrió el almacenamiento mientras que aquellos que fueron almacenados a 10°C mostraron cambios más ligeros. Los bajos contenidos de sólidos solubles iniciales parecerían indicar colectas de frutos en estados de madurez tempranos; no obstante la evolución de esta variable durante su almacenamiento a 20°C indicó estados de madurez capaces de continuar con su proceso de maduración.

Los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ almacenados durante 1 a 7 días a 10°C no mostraron diferencias significativas entre las distintas dosis de irradiación (figura 46A, y anexo 7); no obstante, en los días 13 y 19 los contenidos de sólidos solubles fueron estadísticamente mayores observándose que en los frutos irradiados a 1.00 kGy, tuvieron menores contenidos de sólidos solubles respecto de las otras dosis aplicadas las cuales mostraron valores estadísticamente mayores pero iguales entre sí. Para el estado de madurez $\frac{3}{4}$ ocurrió el mismo comportamiento solo que el efecto de la dosis de 1.00 kGy se observó hasta el día 19. Estos datos señalan que los rangos de dosis de 0.95 a 1.43 kGy alteraron los procesos de maduración de esta variedad evitando que el fruto alcanzara mayores contenidos de sólidos solubles. A 20°C ambos estados de madurez mostraron incrementos significativamente

importantes desde el día 1 y 7 que continuaron hasta los días 13 y 19 donde la comparación estadística no determinó diferencias entre los diferentes tratamientos de irradiación aplicados. De igual forma, los frutos almacenados a 10°C y transferidos a 20°C no indicaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos de irradiación y fueron similares a la evolución que siguieron los frutos almacenados a 20°C de forma continua.

De acuerdo con los datos obtenidos, esta variable puede ser un indicador de alteraciones del proceso de maduración que provocaría un tratamiento de irradiación a dosis altas o en el rango de 0.93 a 1.53 kGy. Los efectos de estas dosis se vieron incrementados cuando el estado de madurez fue de $\frac{1}{4}$. Por ello se sugiere cosechar frutos en madurez $\frac{1}{4}$ y evitar la irradiación en el rango mencionado.

Color de la pulpa. La transferencia de frutos de ambos estados de madurez de 10 a 20°C, favoreció ligeramente el cambio de color de los frutos, no obstante, los frutos tratados a 1.00 kGy retrasaron notablemente su cambio de color de la pulpa (figura 46B); de igual forma los valores registrados no se compararon con los valores alcanzados por los frutos que fueron almacenados de forma continua a 20°C. Estos datos indican un efecto importante de la temperatura de 10°C en el desarrollo del color lo cual se correlacionó con el desarrollo de tejido esponjoso que manifestaron estos frutos cuando se sometieron a esta dosis de irradiación.

El cambio de color de la pulpa de los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ de esta variedad fue más pronunciado respecto del alcanzado por el estado de madurez $\frac{1}{4}$ lo cual llama la atención sobre la importancia de cosechar frutos en estado de madurez $\frac{3}{4}$ en lugar de $\frac{1}{4}$.

De forma general, la medición objetiva del color de la pulpa solo fue útil para detectar cambios drásticos del color asociados a la dosis de 1,0 kGy (rango de 0.95 a 1.43 kGy) aunque ésta medición no superó la observación visual de los frutos dado que el registro de este parámetro solo se realizó en una circunferencia de 1 cm de diámetro.

Color de la piel. El cambio de color de la piel (valor a^*) de los frutos de todas las variedades en ambos estados de madurez fue frenado a la temperatura de 10°C; mientras que a 20°C dichos cambios se dieron de manera más notoria (figura 47).

Los frutos de ambos estados de madurez almacenados a 10°C mantuvieron frenado su color durante el almacenamiento y no mostraron efectos de la dosis de irradiación así como del tiempo de almacenamiento (figura 47 y anexo 8). A 20°C, los frutos de ambos estados de madurez no mostraron diferencias significativas respecto de las dosis de irradiación aplicadas aunque si mostraron cambios significativos asociados a las fechas de muestreo.

Las transferencias de frutos de 10 a 20°C mostraron cambios en el color de la piel asociados a la dosis aplicada; los frutos irradiados a 1.00 kGy desarrollaron menos color respecto de los demás tratamientos señalando que esta dosis alteró el cambio de color de los frutos (figura 47). Estos datos se corresponden con el aspecto visual de los frutos descrito en la sección de calidad visual externa donde se observó el desarrollo de coloraciones oscuras en los frutos.

De acuerdo con esta variable; se puede indicar que las dosis de irradiación altas tienden a alterar el color externo de los frutos por ello se recomienda no alcanzar dosis que se ubiquen por arriba de 0.95 a 1.43 kGy.

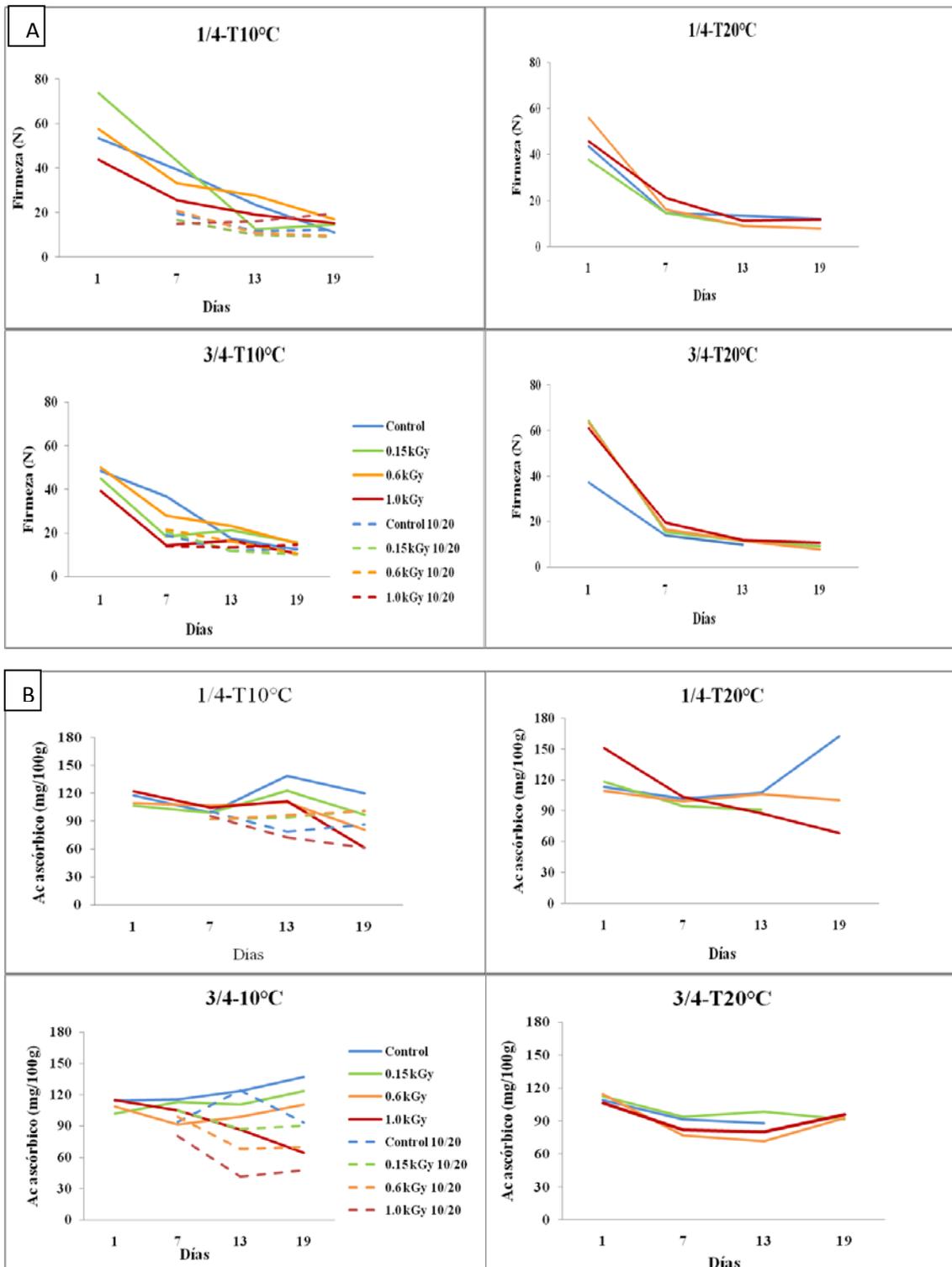


Figura 44. cambios en la firmeza (A) y contenido de ácido ascórbico (B) en frutos de mango 'Ataulfo' en distintos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis con rayos gamma y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas representan los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C.

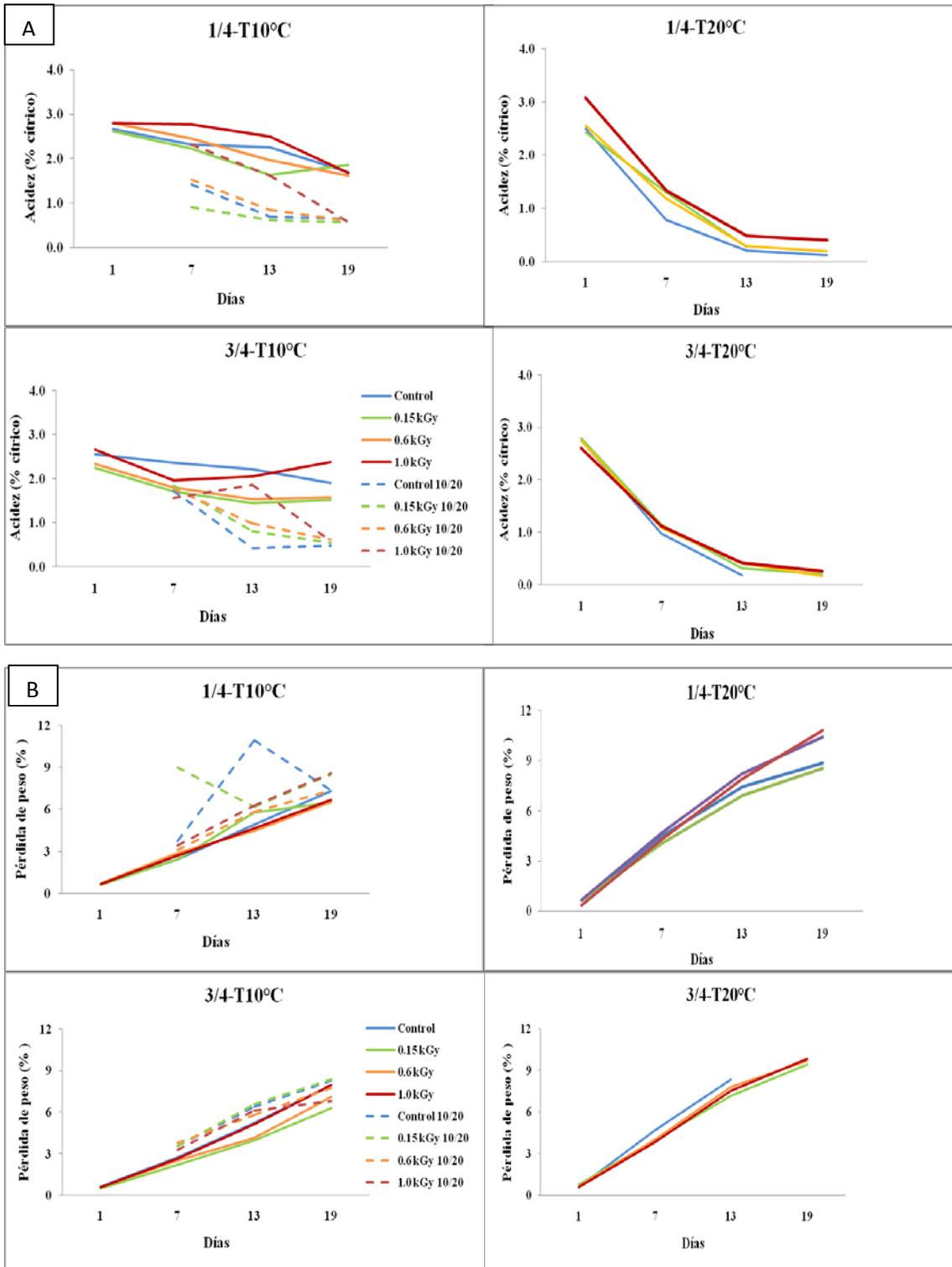


Figura 45. Cambios en el contenido de acidez (A) y pérdida de peso (B) en frutos de mango 'Ataulfo' de distintos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis con rayos gamma y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas representan los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C.

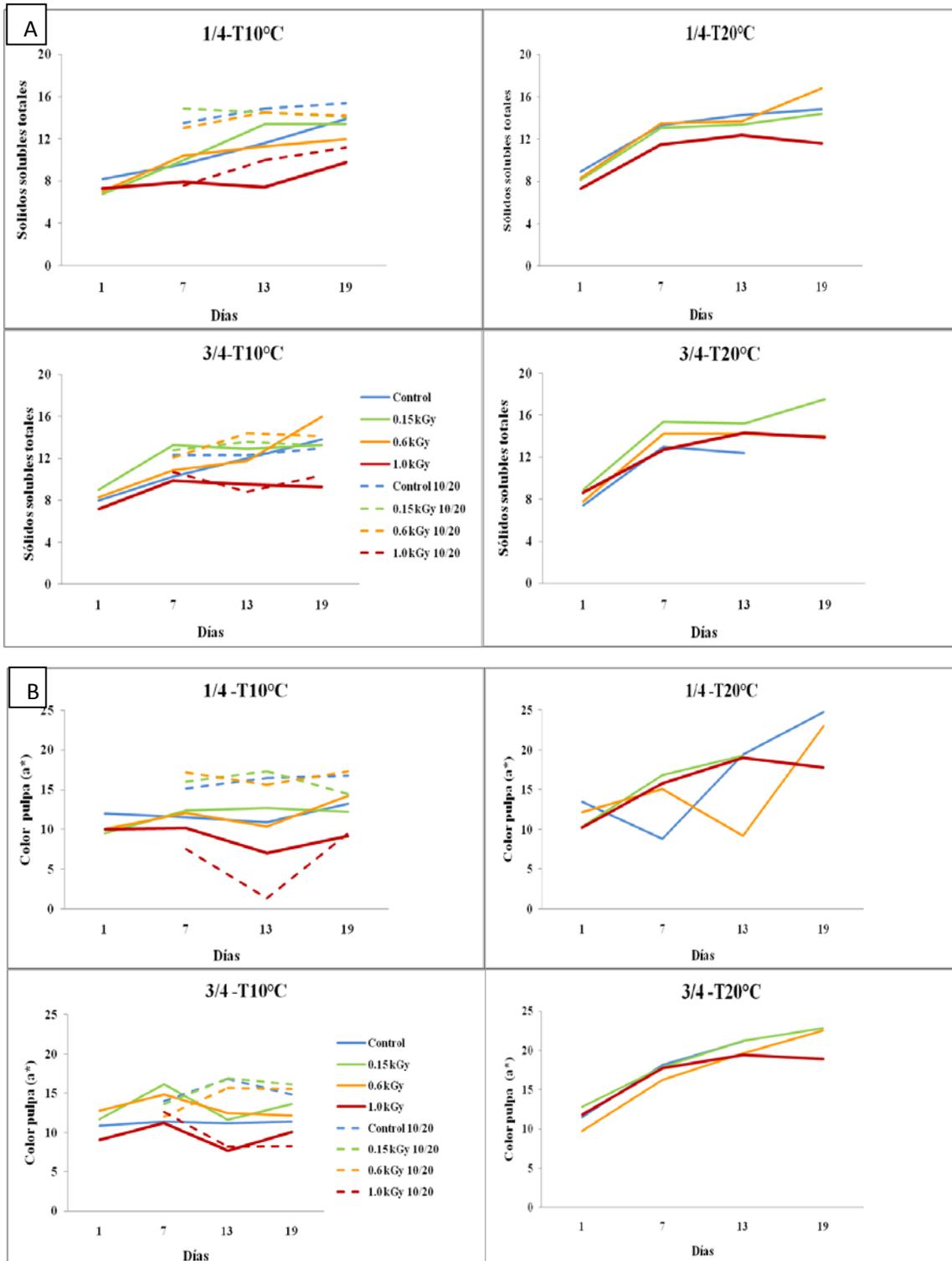


Figura 46. Cambios de los sólidos solubles totales (A) y del color de la pulpa (B) en frutos de mango 'Ataulfo' de dos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis con rayos gamma y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas representan los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C.

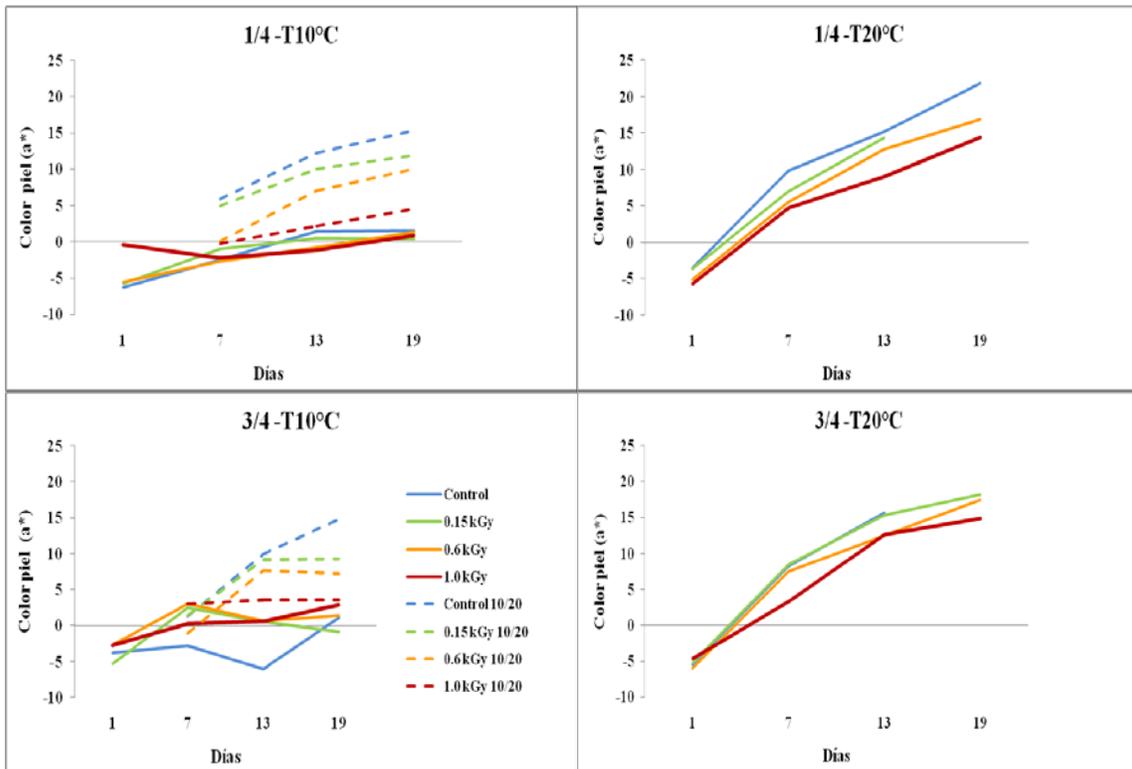


Figura 47. Cambios en el color de la piel de frutos de mango ‘Ataulfo’ en dos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis con rayos gamma y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas representan los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C.

4.1.3.6 Cambios en la calidad fisicoquímica de mango ‘Manila’.

Firmeza. Los valores de firmeza registrados un día después de los tratamientos de irradiación, situaron a esta variedad como frutos de menor firmeza con valores que oscilaron entre 14 y 45 N.

Al igual que todas las variedades, el almacenamiento a 20°C provocó una pérdida de firmeza más acelerada respecto de los frutos almacenados a 10°C los cuales mantuvieron más alta su firmeza durante el almacenamiento.

Aunque la figura 48A parece mostrar diferencias en los valores de firmeza para ambos estados de madurez y los diferentes tratamientos de irradiación; los análisis estadísticos, (anexo 9), de ambos estados de madurez almacenados a 10°C no mostraron diferencias significativas entre las diferentes dosis aplicadas (anexo 9); aun cuando el tratamiento de 1.00 kGy pareció mostrar valores de firmeza mayores mientras que el grupo control pareció mostrar los menores valores.

Únicamente el primer día de almacenamiento, los frutos de ambos estados de madurez tratados con las diferentes dosis de irradiación y almacenados a 20°C mostraron mayores valores de firmeza (19 – 31N) respecto del grupo control que presentó los menores valores (13 – 18.5N). Esta condición no se mantuvo en los siguientes días de almacenamiento donde no se observaron diferencias entre los tratamientos.

Los frutos de ambos estados de madurez transferidos de 10 a 20°C registraron los menores valores de firmeza después de 7 días de almacenamiento y no se registraron diferencias estadísticas asociadas a las dosis aplicadas ni con el grupo de frutos almacenados a 20°C.

De acuerdo a los datos de esta variable, se puede decir que esta variable no fue un buen indicador para observar el efecto de las dosis de irradiación aplicadas.

Los datos anteriores parecen indicar que en mangos de alta firmeza las dosis de 1.00 kGy (rango de 0.96 a 1.33 kGy) parecen inducir valores de firmeza menores en los primeros días de almacenamiento mientras que en los mangos cuya firmeza es menor, esa misma dosis parece retener una mayor firmeza, condición que no fue duradera durante el almacenamiento.

Acido ascórbico. Después de la variedad 'Ataulfo', la variedad 'Manila' mostró también altos contenidos de ácido ascórbico respecto de las demás variedades con valores desde 42.8 a 91.2 mg 100g⁻¹ (anexo 9). Como característica particular de esta variedad, sus frutos de ambos estados de madurez mostraron una tendencia a incrementar sus contenidos de ácido ascórbico conforme transcurrió el almacenamiento (figura 48B) registrándose los valores más altos en el día 19.

Este comportamiento no fue alterado por las dosis de irradiación aplicadas (anexo 9). A 20°C, hubo un comportamiento similar aunque dado lo percedero de este fruto solo se realizó el análisis hasta el día 13. Los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C en estado de madurez ¼ no mostraron diferencias significativas durante todas las transferencias aunque hubo una tendencia a registrar mayores valores el día 19. En los frutos de madurez ¾, los tratamientos control e irradiados a 0.15 kGy mostraron los valores más altos (78 a 83 mg 100 g⁻¹) respecto de los tratados a 0.6 y 1.0 kGy los cuales registraron los valores más bajos (47 a 54 mg 100 g⁻¹), no observándose diferencias con los frutos almacenados a 20°C de forma continua.

Acidez titulable. Los cambios de acidez más importantes durante el almacenamiento se debieron a la temperatura de almacenamiento. Todos los frutos almacenados a 20°C disminuyeron su contenido de acidez conforme transcurrió el almacenamiento mientras que los almacenados 10°C mostraron cambios más ligeros (figura 49A) debido al retraso en la maduración que provocó esta temperatura (anexo 9). Los contenidos de acidez registrados por esta variedad fueron menores respecto de la variedad 'Ataulfo' pero mayores (1.4 a 2%) respecto de otras variedades.

A 10°C no se detectaron diferencias asociadas a los diferentes tratamientos de irradiación ni a las fechas de análisis en ambos estados de madurez (figura 49A y anexo 9) señalando que dicha temperatura frena el proceso de maduración. A 20°C, ambos estados de madurez mostraron diferencias asociadas a la fecha de análisis pero no a las dosis de irradiación. Así mismo, los frutos transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias estadísticas entre las dosis aplicadas ni con los frutos almacenados a 20°C.

De acuerdo a estos datos, la variable acidez titulable no estimó los efectos asociados a la dosis de irradiación aplicada y sus variaciones dependieron de la temperatura de almacenamiento; a 10°C se frenó el proceso de maduración mientras que esto no ocurrió a 20°C. Por ello la acidez no fue un indicador adecuado para evaluar los efectos de la dosis de irradiación.

Pérdida de peso. Los frutos de esta variedad mostraron signos visibles de marchitez a medida que perdieron peso y estos fueron visibles cuando la pérdida de peso fue mayor de 8% en esta condición se considero el termino de su vida útil. Los frutos que fueron almacenados a 10°C perdieron menos peso que los almacenados a 20°C (figura 49B y anexo 9). No obstante, los frutos de madurez ¾, irradiados a 1.00 kGy y almacenados a 10°C perdieron más peso en el día 19; Excluyendo esta

excepción, no se detectaron diferencias significativas asociadas a las dosis de irradiación aplicadas en ambos estados de madurez y condición de temperatura y temperatura de almacenamiento. No obstante y como se esperaba, se observaron diferencias estadísticas significativas asociadas a las fechas de análisis. Los frutos que fueron transferidos de 10 a 20°C no mostraron diferencias estadísticamente significativas debidas a las dosis de irradiación y fueron similares al conjunto de frutos control que fueron almacenados a 20°C.

De acuerdo con los datos de esta variable, la pérdida de peso no fue un buen indicador para evaluar los efectos de las dosis de irradiación aplicados. Aunque solo se detectaron cambios en el estado de madurez $\frac{3}{4}$, parece razonable indicar que se debe evitar el rango de dosis de 0.96 a 1.33 kGy.

Sólidos solubles totales. Al igual que la acidez titulable, en esta variable respuesta, los cambios más importantes observados durante el almacenamiento se debieron a la temperatura de almacenamiento (figura 50A y anexo 9). Todos los frutos que estuvieron almacenados a 20°C aumentaron su contenido de sólidos solubles conforme transcurrió el almacenamiento mientras que aquellos que fueron almacenados a 10°C mostraron cambios menos importantes.

Aunque la variabilidad de datos no permitió observar efectos significativos de las dosis de irradiación, los frutos de ambos estados de madurez, irradiados a 1.00 kGy y almacenados a 10°C tendieron a mostrar menores valores respecto de los demás tratamientos. Estos datos señalan que los rangos de dosis de 0.96 a 1.33 kGy alteraron los procesos de maduración evitando que el fruto alcanzara mayores contenidos de sólidos solubles. A 20°C, ambos estados de madurez mostraron incrementos significativamente importantes desde el día 1 y 7 que continuaron hasta los días 13 y 19 donde la comparación estadística no determinó diferencias entre los diferentes tratamientos de irradiación aplicados. Los frutos de ambos estados de madurez irradiados a dosis de 1.00 kGy y almacenados a 10°C mostraron valores menores de sólidos solubles respecto de los demás tratamientos que fueron similares entre sí; de igual forma no hubo diferencia con los frutos que fueron almacenados a 20°C de forma continua (anexo 9).

De acuerdo con los datos obtenidos, esta variable puede ser un indicador de alteraciones del proceso de maduración que provocaría un tratamiento de irradiación a dosis altas o en el rango de 0.96 a 1.33 kGy. Los efectos de estas dosis se incrementaron cuando el estado de madurez fue de $\frac{1}{4}$. Por ello se sugiere no cosechar frutos en madurez $\frac{1}{4}$ y evitar la irradiación en el rango mencionado.

Color de la pulpa. Como se esperaba, los mayores cambios de color ocurrieron en los frutos que fueron almacenados a 20°C mientras que a 10°C hubo escasa evolución del color (figura 50B y anexo 9). El color de la pulpa de los frutos de ambos estados de madurez, irradiados a 1.00 kGy y almacenados a 10°C mostraron menores cambios de color respecto de los demás tratamientos (figura 50B).

A 20°C, el cambio de color más notorio se observó a partir del día 7 sin observarse efectos de las dosis de irradiación en cada periodo de muestreo. Es posible que las diferencias de color observadas a 1.00 y 0.60 kGy pueden estar asociadas al desarrollo de tejido esponjoso que se presentó en esas dosis.

De forma general, la medición objetiva del color de la pulpa solo fue útil para detectar cambios drásticos del color asociados a la dosis de 1,0 kGy (rango de 0.96 a 1.33 kGy) aunque esta medición no superó la observación visual de los frutos dado que el registro de este parámetro solo se realizó en una circunferencia de 1 cm de diámetro.

Color de la piel. El cambio de color de la piel (valor a^*) de los frutos de ambos estados de madurez fue frenado a la temperatura de 10°C; mientras que a 20°C dichos cambios se dieron de manera más notoria (figura 51 y anexo 9).

Los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ y almacenados a 10°C no mostraron cambios de color durante el almacenamiento y no se observaron efectos de la dosis de irradiación así como del tiempo de almacenamiento (anexo 9); no obstante, aquellos frutos que fueron irradiados a 1.00 kGy tendieron a evitar más el cambio de color respecto de los demás tratamientos (figura 51); para los frutos de madurez $\frac{3}{4}$ todos los frutos irradiados y almacenados por 7 y 13 días mostraron menor cambio de color respecto de los frutos control (figura 51).

Los frutos de ambos estados de madurez e irradiados a 0.60 y 1.00 kGy y almacenados a 20°C mostraron menores cambios de color respecto de los frutos control e irradiados a 0.15 kGy (figura 51) señalando que aquellas dosis frenaron el cambio de color. Estos datos se corresponden con el aspecto visual externo que mostraron estos frutos (figura 24).

Las transferencias de frutos de 10 a 20°C mostraron cambios importantes en el color de la piel. Los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ tanto control como irradiados a 0.15 kGy desarrollaron más color que los tratados a 0.6 y 1.0 kGy (figura 51); mientras que los frutos control de madurez $\frac{3}{4}$ desarrollaron más color que los frutos irradiados a las diferentes dosis. Estos datos se corresponden con el aspecto visual de los frutos descrito en la sección de calidad visual externa en la que se describió la presencia de coloraciones oscuras en los frutos.

De acuerdo con estos datos, las dosis de irradiación altas alteraron el color externo de los frutos por lo que se recomienda no alcanzar dosis que se ubiquen por arriba del rango de 0.6 kGy.

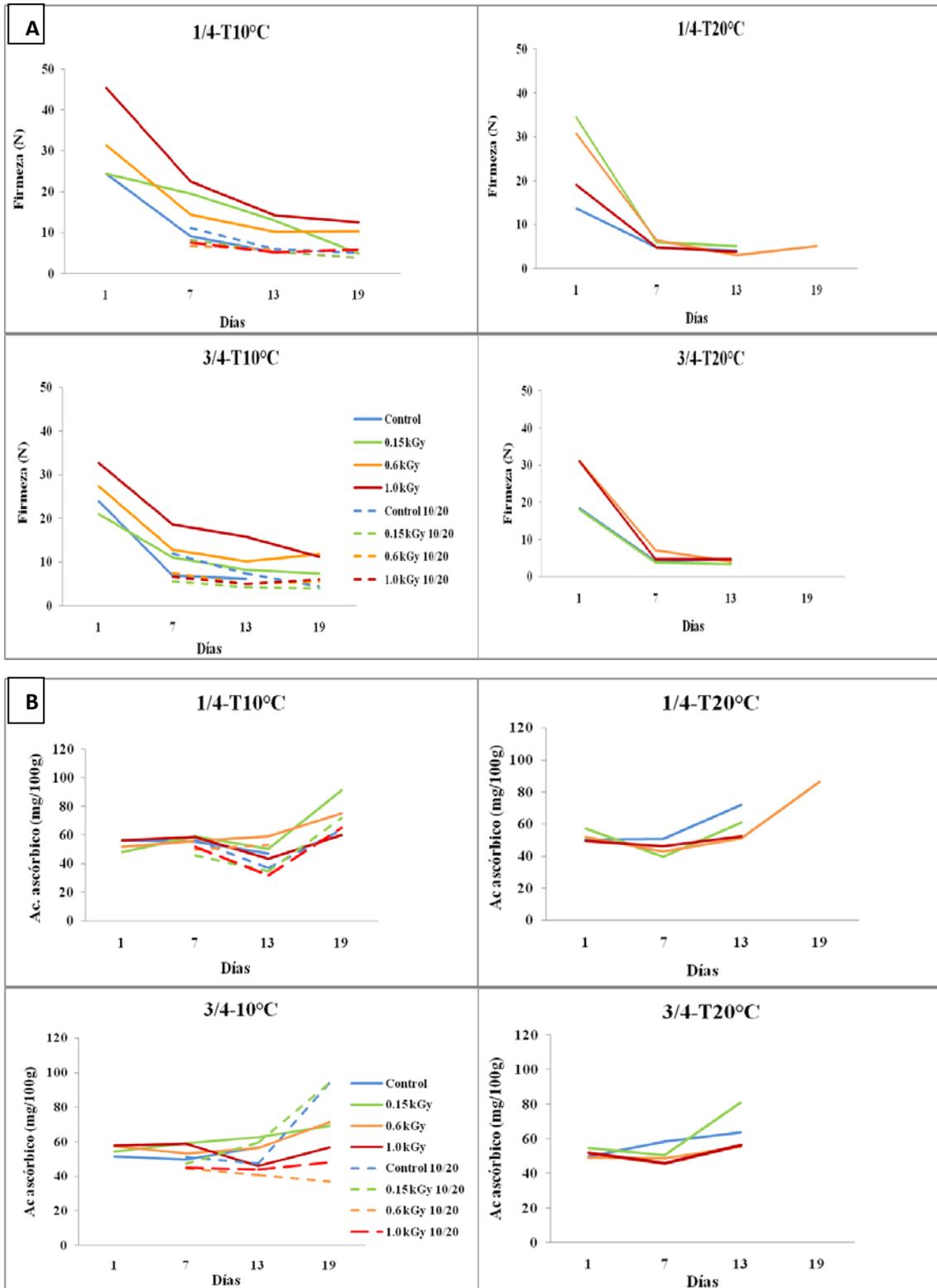


Figura 48. Cambios en la Firmeza (A) y en el contenido de ácido ascórbico (B) en frutos de mango 'Manila' calibre 16, de dos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas corresponden a los frutos transferidos de 10 a 20°C

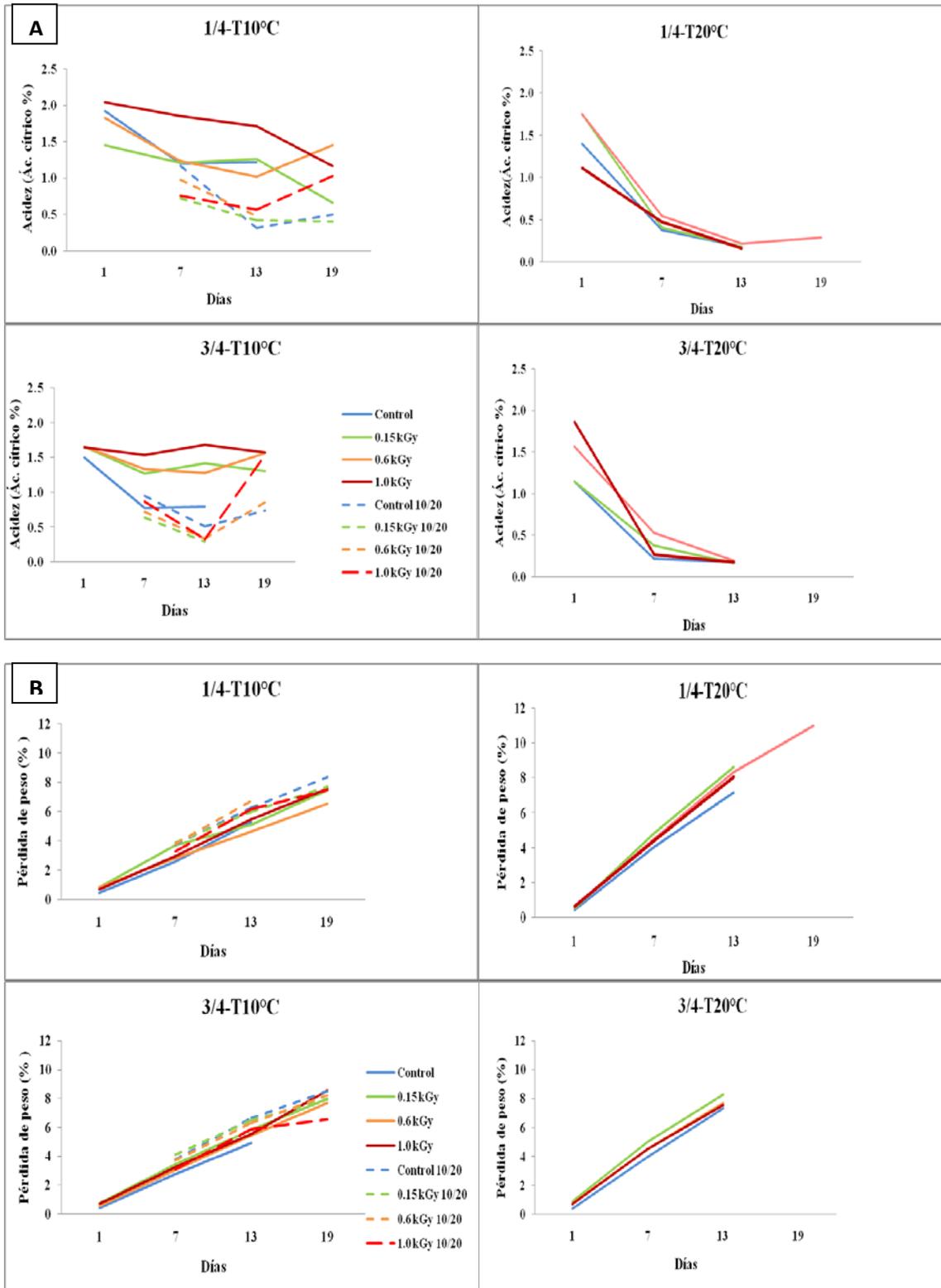


Figura 49. Cambios en la acidez titulable (A) y en la pérdida de peso (B) en frutos de mango 'Manila' de dos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), del calibre C16 y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas indican el comportamiento de los mangos transferidos de 10 a 20°C

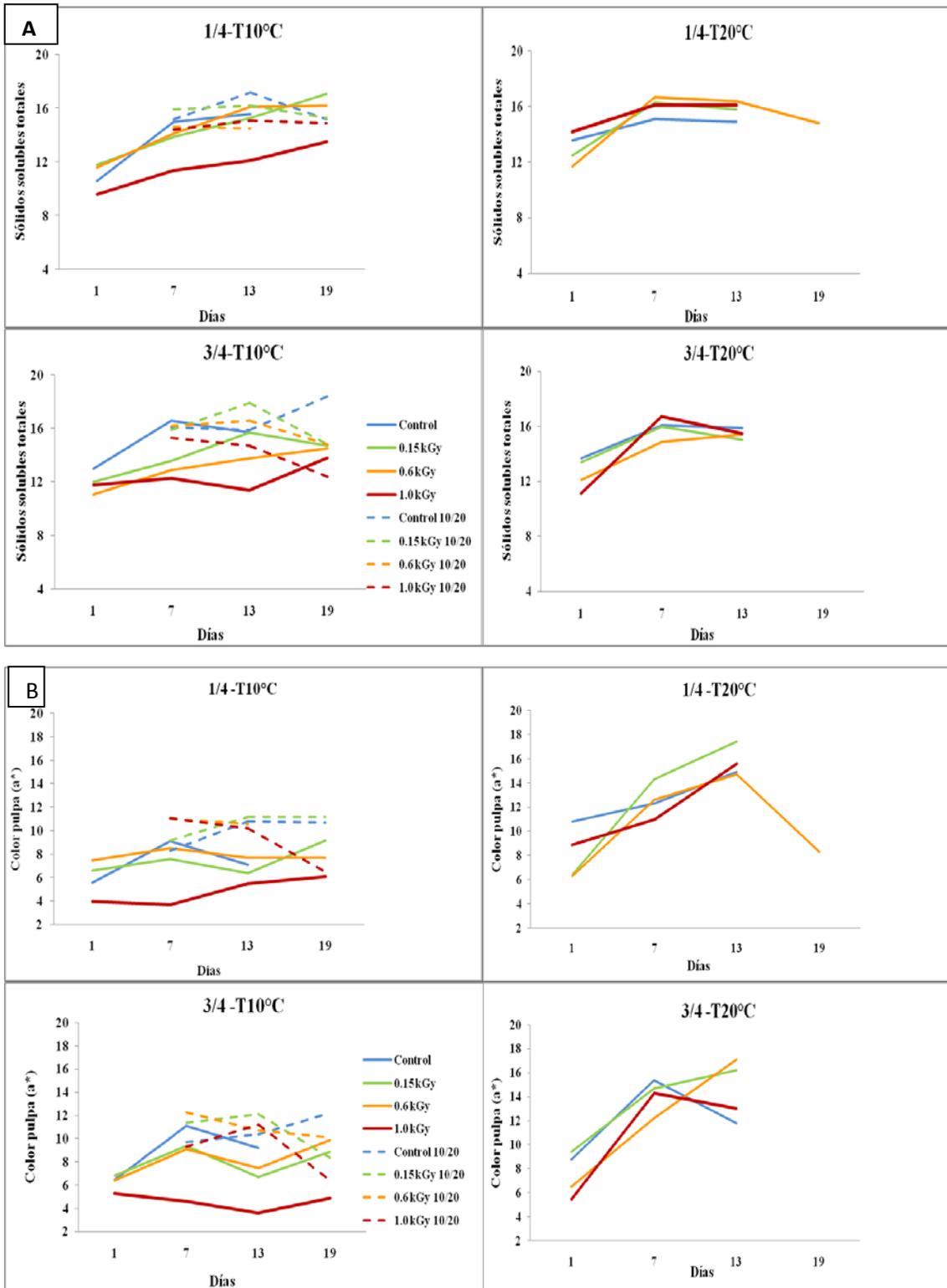


Figura 50. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales (A) y color de la pulpa (B) en frutos de mango 'Manila' calibre 16, de dos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas representan los frutos transferidos de 10 a 20°C

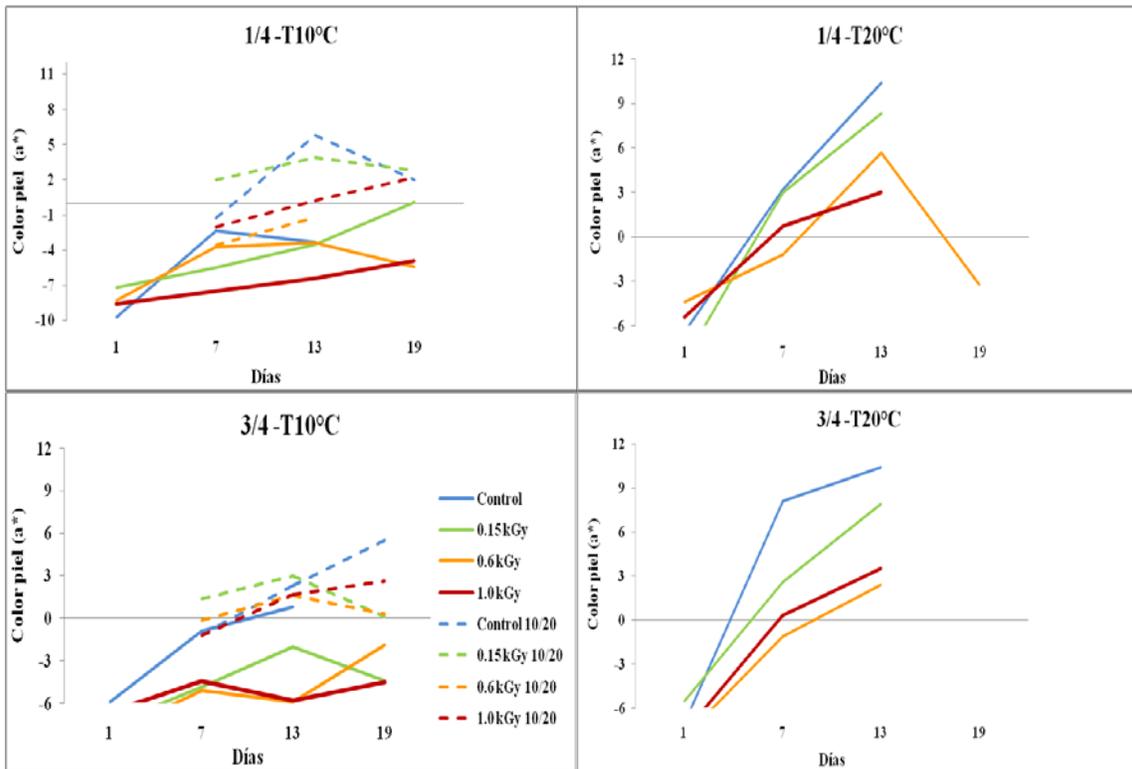


Figura 51. Cambios en el color de la piel de frutos de mango ‘Manila’ de dos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$) sometidos a diferentes dosis de irradiación y almacenados a 10 y 20°C. Las líneas discontinuas representan los frutos transferidos de 10 a 20°C

4.1.3.8 Consideraciones generales de los factores fisicoquímicos

De forma general, los datos de los análisis fisicoquímicos aplicados a las seis variedades mostraron que ninguna de las variables analizadas mostró ser un adecuado estimador para evaluar el efecto de las dosis de irradiación debido a que las respuestas de estas variables dependen de la variedad, de su estado de madurez y de las condiciones de almacenamiento. No obstante, cuando se observaron afectos negativos de las dosis de irradiación en cualquiera de las variables respuesta estas generalmente se asociaron a las altas dosis de irradiación en combinación con la madurez de $\frac{1}{4}$; por ello y en base a los datos fisicoquímicos se recomienda procesar frutos de madurez $\frac{3}{4}$ y no irradiarlos por arriba de 0.93 kGy.

4.2 Resumen general de resultados

Los datos generados por este proyecto indicaron que todas las variedades estudiadas no se vieron afectadas en su calidad general por la aplicación de dosis de 0.15 kGy que la FDA exige como tratamiento cuarentenario mínimo para el control de la mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha ludens*). El protocolo de tratamiento cuarentenario de irradiación indica también una dosis máxima de 1.00 kGy; esta dosis no fue soportada por ninguna de las variedades estudiadas por lo que la aplicación comercial de esta tecnología deberá tomar en cuenta la diferente sensibilidad de cada una de las variedades; de acuerdo con estos estudios las variedades ‘Tommy Atkins’, ‘Haden’, ‘Keitt’ y ‘Manila’ mostraron alta sensibilidad a las dosis de irradiación altas y estas no pueden ser irradiadas

con dosis que rebasen los 0.60 kGy mientras que las variedades 'Kent' y 'Ataulfo' pueden ser irradiadas hasta 0.86 kGy.

Los daños más evidentes de la aplicación de altas dosis de irradiación se manifestaron en la calidad visual externa e interna de los frutos los cuales incluyeron el oscurecimiento de la piel y pulpa así como el desarrollo de tejido esponjoso. El anexo 11 resume los cambios en la calidad visual de las distintas variedades; estos daños son de importancia pues afectarían la intención de compra por el consumidor.

Respecto de los factores fisicoquímicos evaluados, el anexo 12 concentra en un cuadro general los efectos de las distintas dosis de irradiación en cada variedad y estado de madurez evaluados. La variedad 'Haden' no mostró efectos negativos de las aplicaciones de las distintas dosis en las diferentes variables fisicoquímicas evaluadas. Para las otras cinco variedades, la respuesta fue distinta en cada una de las variables analizadas aunque se puede indicar que hubo una mayor número de eventos negativos en la dosis alta de irradiación y en los estados de madurez de $\frac{1}{4}$; por ello y para fines prácticos o de aplicación industrial se sugiere no irradiar frutos con dosis altas y evitar irradiar frutos de madurez $\frac{1}{4}$.

Aunque el efecto de la irradiación en la capacidad de almacenamiento de los frutos no fue un objetivo puntual de este estudio; las observaciones realizadas en cada una de las variedades durante el almacenamiento permitió señalar que el factor más importante que incrementó la vida de anaquel de los frutos fue el almacenamiento a 10°C mientras que las dosis aplicadas no mostraron un efecto apreciable para incrementar dicho periodo de almacenamiento.

De acuerdo con los datos observados, la aplicación del tratamiento de irradiación en las condiciones anotadas para cada variedad; tendría la ventaja de aplicarse temperatura ambiente en frutos de $\frac{3}{4}$ de madurez; esto eliminaría el estrés hidro térmico al que actualmente se someten los frutos y mejorarían la calidad sensorial percibida por el consumidor.

CONCLUSIONES

El tamaño de los frutos no fue un factor importante en las respuestas a las dosis de irradiación aplicadas.

El estado de madurez fue un factor importante en la respuesta de los frutos a las dosis de irradiación; los frutos de madurez $\frac{1}{4}$ mostraron mayor susceptibilidad a las dosis altas de irradiación.

El oscurecimiento de la piel y pulpa así como el desarrollo de tejido esponjoso, fueron factores que determinaron el efecto de las dosis de irradiación que cambiaron la calidad visual del fruto.

Todas las variedades en los dos estados de madurez no presentaron daños externos e internos cuando se sometieron a intervalos de irradiación de 0.15 a 0.44 kGy.

De igual forma, todas las variedades presentaron daños externos e internos cuando fueron expuestas a un rango de dosis de 0.92 a 1.53 kGy.

Bajo las anteriores restricciones, la dosis máxima tolerada dependió de la variedad; las variedades 'Kent' y 'Ataulfo' fueron la más tolerantes pudiendo resistir hasta 0.86 kGy; mientras que las variedades 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Manila' y 'Keitt' fueron las más sensibles sugiriéndose no se irradien por arriba de 0.6 kGy.

El almacenamiento de los frutos a 10°C, incrementó los daños provocados por la irradiación; los cuales fueron evidentes cuando se transfirieron los frutos a 20°C; lo cual indicó que al estrés de irradiación se sumó el estrés de baja temperatura.

Las dosis aplicadas en el estudio, no permitieron observar un incremento en la vida de anaquel de los frutos superior al que da el almacenamiento a bajas temperaturas.

Los datos de los análisis fisicoquímicos aplicados a las seis variedades mostraron que ninguna de las variables analizadas fue un estimador adecuado del efecto de las dosis de irradiación debido a que las respuestas de estas variables dependieron de la variedad, de su estado de madurez y de las condiciones de almacenamiento.

No obstante, cuando se observaron efectos negativos de las dosis de irradiación en cualquiera de esas variables, generalmente se asociaron a dosis altas de irradiación en combinación con el estado de madurez $\frac{1}{4}$; por ello y en base a esos datos se recomienda procesar frutos en estado de madurez $\frac{3}{4}$ y no se recomienda irradiarlos por arriba de 0.93 kGy.

ANEXO 1: Operaciones de cosecha, empaque e irradiación de mango



Cosecha de mango, aspecto del llenado de hombros (para identificar madurez) y empaque de los frutos seleccionados en cajas de exportación comerciales.



Instalaciones de la Planta Sterigenics en Tepeji del Rio Hidalgo con su cámara de irradiación de ^{60}Co .



Frutos en pallet y colocación de dosímetros en los frutos



Distribución de cajas frente a la fuente de irradiación de ^{60}Co



Dosímetros de alanina y equipo de Resonancia de Espín Electrónico utilizado para el registro de dosis absorbida

ANEXO 2. Dosis mínima, máxima, mediana y media recibidas por los frutos de mango con dosímetros colocados en el centro y esquina de las cajas (valores en kGy).

Variedad	Dosis nominal	Dosis Mínima	Dosis Máxima	Mediana	Media
Haden	0.15	0.16	0.38	0.19	0.23±0.074
	0.60	0.56	0.87	0.64	0.67±0.079
	1.00	0.92	1.39	1.07	1.07±0.092
Tommy Atkins	0.15	0.16	0.40	0.30	0.27±0.098
	0.60	0.50	0.67	0.60	0.59±0.052
	1.00	0.97	1.30	1.12	1.13±0.090
Kent	0.15	0.16	0.19	0.17	0.18±0.010
	0.60	0.52	0.66	0.62	0.61±0.037
	1.00	0.93	1.26	1.06	1.07±0.103
Keitt	0.15	0.15	0.21	0.17	0.18±0.023
	0.60	0.54	0.82	0.65	0.65±0.077
	1.00	0.87	1.34	1.12	1.10±0.140
Manila	0.15	0.17	0.22	0.19	0.19±0.014
	0.60	0.57	0.76	0.65	0.67±0.057
	1.00	0.96	1.25	1.05	1.09±0.093
Ataulfo	0.15	0.18	0.24	0.20	0.20±0.017
	0.60	0.58	0.72	0.63	0.63±0.037
	1.00	0.95	1.15	1.08	1.06±0.057

Dosis para frutos de mango de diferentes variedades colocados en el centro de las cajas

Variedad	Dosis nominal	Mínima	Máxima	Mediana	Media
Haden	0.15	0.190	0.440	0.220	0.274±0.091
	0.60	0.659	0.880	0.778	0.783±0.052
	1.00	1.040	1.420	1.270	1.259±0.098
Tommy Atkins	0.15	0.190	0.410	0.230	0.273±0.082
	0.60	0.640	0.830	0.740	0.745±0.056
	1.00	1.220	1.520	1.335	1.346±0.083
Kent	0.15	0.210	0.230	0.220	0.216±0.006
	0.60	0.580	0.830	0.780	0.765±0.063
	1.00	1.170	1.410	1.280	1.273±0.072
Keitt	0.15	0.190	0.230	0.215	0.213±0.013
	0.60	0.680	0.840	0.800	0.790±0.046
	1.00	1.140	1.510	1.300	1.303±0.103
Manila	0.15	0.210	0.240	0.225	0.222±0.011
	0.60	0.610	0.870	0.760	0.758±0.066
	1.00	1.060	1.330	1.210	1.204±0.085
Ataulfo	0.15	0.220	0.260	0.230	0.232±0.015
	0.60	0.540	0.820	0.730	0.715±0.090
	1.00	1.060	1.430	1.300	1.286±0.108

Dosis para frutos de mango de diferentes variedades colocados en la esquina de las cajas

Variedad	Dosis nominal	Mínima	Máxima	Mediana	Media
Haden	0.15	0.160	0.440	0.220	0.253±0.085
	0.60	0.560	0.880	0.742	0.726±0.088
	1.00	0.920	1.420	1.160	1.163±0.135
Tommy Atkins	0.15	0.160	0.410	0.235	0.270±0.089
	0.60	0.520	0.830	0.655	0.667±0.095
	1.00	0.970	1.520	1.235	1.235±0.141
Kent	0.15	0.160	0.230	0.210	0.197±0.022
	0.60	0.520	0.830	0.660	0.691±0.094
	1.00	0.930	1.410	1.170	1.159±0.136
Keitt	0.15	0.150	0.230	0.210	0.196±0.025
	0.60	0.540	0.840	0.740	0.721±0.094
	1.00	0.870	1.510	1.190	1.200±0.159
Manila	0.15	0.170	0.240	0.210	0.208±0.019
	0.60	0.570	0.870	0.710	0.709±0.076
	1.00	0.960	1.330	1.140	1.145±0.106
Ataulfo	0.15	0.180	0.260	0.220	0.219±0.020
	0.60	0.540	0.820	0.645	0.672±0.081
	1.00	0.950	1.430	1.125	1.172±0.144

Promedios de las dosis para frutos de mango de diferentes variedades empacados en cajas de cartón.

ANEXO 3. Valores de probabilidad de los efectos de dosis, temperatura de almacenamiento, madurez y sus interacciones en la calidad de los frutos.

Variedad 'Tommy Atkins'

Factor/Variable	Firmeza	Ascórbico	Acidez	% PP	SST	a* int
Dosis (D)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0128	0.0002	0.1235
Temp. (T)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Madurez (M)	0.0001	0.0001	0.0179	0.0001	0.0036	0.0013
Día (d)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
D*T	0.0001	0.0002	0.2115	0.0739	0.0972	0.1313
D*M	0.1152	0.2826	0.0808	0.3525	0.0077	0.9563
D*d	0.0001	0.0001	0.0001	0.9790	0.0304	0.4759
T*M	0.2019	0.0146	0.4110	0.3354	0.0544	0.7671
T*d	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
M*d	0.0001	0.0021	0.0105	0.1392	0.0200	0.0002

Variedad 'Haden'

Factor/Variable	Firmeza	Ascórbico	Acidez	% PP	SST	a*int
Dosis (D)	0.7818	0.0314	0.5993	0.2658	0.4658	0.0169
Temp. (T)	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Madurez (M)	0.0001	0.6921	0.9859	0.0107	0.0514	0.2114
Día (d)	0.0001	0.1540	0.0001	0.0001	0.0001	0.0027
D*T	0.3543	0.7360	0.0261	0.0543	0.0006	0.6465
D*M	0.6269	0.0571	0.0012	0.8835	0.0011	0.0115
D*d	0.5209	0.6504	0.6188	0.9508	0.1917	0.0171
T*M	0.0328	0.2980	0.1751	0.0007	0.0001	0.3323
T*d	0.0001	0.2231	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
M*d	0.1177	0.0001	0.3608	0.1301	0.3924	0.2251

Variedad 'Kent'

Factor/Variable	Firmeza	Ascórbico	Acidez	%PP	SST	a*int	a* ext
Dosis (D)	0.0001	0.0001	0.0015	0.0001	0.0198	0.0087	0.1595
Temp. (T)	0.0001	0.9311	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0017
Madurez (M)	0.4154	0.7174	0.7734	0.0001	0.0001	0.0001	0.0102
Día (d)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
D*T	0.0009	0.0331	0.0024	0.4906	0.5413	0.3916	0.5609
D*M	0.8361	0.0002	0.0017	0.5312	0.5983	0.2761	0.2434
D*d	0.0001	0.0001	0.0107	0.0055	0.1477	0.9021	0.1224
T*M	0.7736	0.0850	0.1714	0.2163	0.3693	0.0037	0.3938
T*d	0.0001	0.1160	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0735
M*d	0.4962	0.0827	0.4647	0.0001	0.0001	0.1008	0.5526

Variedad 'Keitt'

Factor/Variable	Firmeza	Ascórbico	Acidez	% PP	SST	a*int	a* ext
Dosis (D)	0.0935	<.0001	<.0001	0.0035	<.0001	0.0067	0.0443
Temp. (T)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4671
Madurez (M)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.3260	<.0001	<.0001
Día (d)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
D*T	<.0001	0.0002	0.0018	0.0837	<.0001	0.4484	0.8162
D*M	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.4218
D*d	<.0001	<.0001	0.5166	<.0001	0.0004	0.0799	<.0001
T*M	0.0003	0.8715	0.7623	0.3112	0.0004	0.1737	0.7418
T*d	<.0001	0.0151	<.0001	0.0012	<.0001	<.0001	0.1945
M*d	0.0900	0.5646	0.1424	0.0164	0.0357	0.7180	0.0228

Variedad 'Ataulfo'

Factor/Variable	Firm	Asc	Acidez	PP	SST	a*int	a* ext
Dosis (D)	0.2190	0.0001	0.0026	0.0014	0.0001	0.0001	0.0439
Temp. (T)	0.0001	0.0152	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Madurez (M)	0.3722	0.0175	0.2102	0.9853	0.0022	0.1284	0.1105
Día (d)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
D*T	0.0007	0.7690	0.0212	0.4103	0.0683	0.0355	0.0001
D*M	0.9578	0.1095	0.2275	0.0495	0.0176	0.1014	0.1820
D*d	0.0944	0.0001	0.9655	0.1012	0.0025	0.5641	0.0256
T*M	0.0004	0.0378	0.0200	0.7997	0.3267	0.7038	0.1435
T*d	0.0013	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
M*d	0.2989	0.0729	0.1089	0.2936	0.5413	0.7048	0.5106

Variedad 'Manila'.

Factor/Variable	Firm	Asc	Acidez	PP	SST	a* int	a* ext
Dosis (D)	0.1651	0.0018	0.5716	0.0030	0.4541	0.0630	0.0003
Temp. (T)	0.0991	0.0478	0.0001	0.0001	0.4007	0.0006	0.0001
Madurez (M)	0.8689	0.9540	0.8089	0.9175	0.5402	0.9670	0.8677
Día (d)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
D*T	0.0594	0.0528	0.2209	0.3612	0.0166	0.3036	0.7613
D*M	0.2705	0.5615	0.1909	0.7611	0.1330	0.3227	0.0043
D*d	0.3468	0.0262	0.5040	0.1309	0.4819	0.5444	0.0001
T*M	0.3725	0.6547	0.7905	0.1538	0.3362	0.2976	0.0110
T*d	0.8180	0.0038	0.0001	0.0001	0.5624	0.0001	0.0001
M*d	0.6276	0.2187	0.4817	0.9699	0.4193	0.7883	0.9701

Anexo 4. Cuadros de comparación de medias de las variables de respuesta fisicoquímicas en frutos de mango cv 'Tommy Atkins' en diferentes estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 (T10) y 20°C (T20) durante diferentes días. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tuckey 0.05)

Firmeza: Valores en Newtons.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	129.3ab	157.4a	135.2a	185.4a
	0.15	119.2bcd	155.3ab	122.8ab	150.9ab
	0.6	104.5cde	139.2abcd	97.2c	134.8bc
	1.0	99.5cdef	137.4abcd	98.2c	110.1bc
7	Control	144.1a	141.8abc	97.7c	103.3cd
	0.15	120.4bc	120abcde	100.7bc	96.3cde
	0.6	108.7bcde	117.8bcde	78.4cd	96.4cde
	1.0	97.3defg	112.6cdef	62.6def	55.7efg
13	Control	91.2efg	102.2defg	46.7efgh	54.0efg
	0.15	76.1gh	85.1efgh	66.6de	64.3def
	0.6	77.9fgh	91.9efgh	39.3ghij	43.4fg
	1.0	92.2efg	104.3cdefg	32.3hij	31.2fg
19	Control	67.0hi	63.7h	58.6defg	31.4fg
	0.15	47.4i	66.6gh	43.4fghi	38.7fg
	0.6	52.7i	73.4gh	23.3ij	31.4fg
	1.0	65.0hi	75.5fgh	19.7j	20.9g

Ácido ascórbico: valores en mg de ácido ascórbico en 100g de pulpa.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	19.6efgh	16.5cdef	20.2ab	15.4abc
	0.15	19.4fgh	16.5cdef	20.4ab	18.7ab
	0.6	17.5fgh	15.4cdef	18.1abc	16.1ab
	1.0	16.4gh	22.4abc	17.0bc	18.7ab
7	Control	29.0abc	26.0a	22.3a	19.1ab
	0.15	32.9a	27.3a	22.3a	20.8a
	0.6	30.3ab	21.7abc	20.4ab	15.6abc
	1.0	22.1cdefh	13.9def	16.3bcd	13.4abcd
13	Control	27.1abcde	20.9abcd	11.7defg	8cde
	0.15	24.7bcdef	20.4abcd	13.2cdef	6.8de
	0.6	23.0bcdefg	12.4ef	9.3fg	12.5abcde
	1.0	14.7h	10.4f	9.8efg	6.8de
19	Control	27.5abcd	24.3ab	14.7cde	7.8bcde
	0.15	22.8cdefg	18.6bcde	10.9efg	6.1de
	0.6	21.2defgh	18.6bcde	11.7defg	4.9e
	1.0	18.0fgh	17.6bcdef	7.8g	6.9de

Contenido de acidez titulable. Valores en % de ácido cítrico en 100 g de muestra fresca.

Día	Dosis	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	1.1a	1.0abcd	1.2a	1.2a
	0.15	1.1abc	1.1abcd	1.2a	1.0ab
	0.6	1.12ab	1.1abcd	1.3a	0.9ab
	1.0	1.0abc	1.1abc	1.1ab	1.15a
7	Control	1.0abc	1.1abcd	0.9bc	1.0a
	0.15	1.1a	1.3a	1.0abc	1.15a
	0.6	1.0abc	1.0abcd	0.8cd	1.1a
	1.0	0.9abcd	1.1abcd	0.6de	0.7abc
13	Control	1,0abc	0.9abcd	0.3ef	0.6bcde
	0.15	1.1a	0.9abcd	0.9bcd	0.7bcd
	0.6	0.9abc	0.8bcd	0.4ef	0.6cde
	1.0	0.8bcd	0.7cd	0.2f	0.3cde
19	Control	1.1abc	1.2a	0.1f	0.2e
	0.15	1.1abc	1.2ab	0.3ef	0.2de
	0.6	0.8cd	0.9abcd	0.1f	0.2e
	1.0	0.6d	1.0abcd	0.1f	0.2e

Pérdida de peso. Valores en % de peso perdido respecto del peso inicial

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	0.4d	0.6e		0.6d
	0.15	0.4d	0.6e		0.7d
	0.6	0.4d	0.7e		0.8d
	1.0	0.4d	0.6e		0.7d
7	Control	1.7c	1.9d	2.2c	2.5c
	0.15	1.8c	2.0cd	2.2c	2.9c
	0.6	1.8c	1.9d	2.3c	2.8c
	1.0	1.6c	2.1cd	2.7c	3.2c
13	Control	3.1b	3.3b	4.6b	4.8b
	0.15	3.4b	3.1bc	4.4b	4.9b
	0.6	3.1b	3.5b	4.7b	5.1b
	1.0	3.2b	3.4b	5.0b	5.0b
19	Control	4.4a	5.0a	6.8a	6.7a
	0.15	4.9a	4.8a	6.6a	6.8a
	0.6	4.5a	5.2a	6.4a	6.8a
	1.0	4.6a	5.1a	6.6a	7.7a

Contenido de sólidos solubles totales. Valores en °Brix

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	6.9i	7.9e	6.1f	7.2e
	0.15	7.3i	7.3e	7.6f	7.3e
	0.6	8.4ghi	8.0de	8.1ef	7.5e
	1.0	8.0i	7.4e	7.3f	8.0de
7	Control	9.4fgh	8.9bcde	11.1cd	9.7cd
	0.15	10.2defg	8.7cde	11.4bcd	11.0bc
	0.6	11.abcdef	9.2bcde	13.1ab	11.4abc
	1.0	9.9efg	9.2bcde	9.9de	12.6ab
13	Control	11.9abcd	8.6cde	13.9a	12.6ab
	0.15	12.4ab	10.9ab	13.2ab	12.4ab
	0.6	11.5abcde	10.2abcd	14.3a	13.1ab
	1.0	10.3cdef	10.1abcd	13.4ab	13.0ab
19	Control	12.2ab	10.5abc	12.5abc	13.2ab
	0.15	12.1abc	11.9a	12.7abc	13.0ab
	0.6	12.7a	11.7a	13.4ab	13.7a
	1.0	10.6bcdef	11.4a	13.3ab	13.0ab

Color de la pulpa del fruto. Valores a* de la escala CIELAB

Día	Dosis	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	5.6b	9.2a	5.3g	9.3de
	0.15	6.3b	10.0a	6.2fg	7.4e
	0.6	7.8ab	9.6a	7.5efg	8.8de
	1.0	7.8ab	7.2a	5.4fg	10.7cde
7	Control	6.8b	10.8a	9.4def	12.8abcd
	0.15	8.6ab	8.6a	8.5defg	10.5cde
	0.6	8.5ab	11.0a	8.1efg	10.4cde
	1.0	7.9ab	10.2a	8.5defg	9.3de
13	Control	8.4ab	7.8a	14.7abc	12.8abcd
	0.15	7.2ab	7.9a	11.2cde	10.9bcde
	0.6	6.7b	8.1a	13.6abc	13.8abcd
	1.0	6.8ab	8.1a	12.3bcd	12.8abcd
19	Control	8.8ab	7.6a	16.7a	16.8a
	0.15	9.0ab	7.9a	15.2abc	16.3a
	0.6	11.2a	7.9a	15.7ab	15.9ab
	1.0	7.9ab	7.6a	15.0abc	15.2abc

Color de la piel: Valor de a* escala CIELAB

Día	Dosis	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control		-7.3d		-5.9c
	0.15		-6.8cd		-6.5c
	0.6		-6.1abcd		-6.4c
	1.0		-7.2d		-6.1c
7	Control		-5.5abcd		-4.3bc
	0.15		-5.9abcd		-3.8bc
	0.6		-5.6abcd		-2.7bc
	1.0		-4.0abcd		-1.7bc
13	Control		-2.7abc		-3.1bc
	0.15		-3.2abcd		-2.4bc
	0.6		-1.8a		-2.8bc
	1.0		-2.1ab		-1.9bc
19	Control		-6.5cd		7.1a
	0.15		-6.4bcd		-3.0bc
	0.6		-5.9abcd		-3.5bc
	1.0		-3.0abcd		0.3b

Anexo 5. Cuadros de comparación de medias de las variables de respuesta fisicoquímicas en frutos de mango de la variedad 'Haden' en diferente estados de madurez (¼ y ¾), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 (T10) y 20°C (T20) durante diferentes días. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tuckey 0.05)

Firmeza: Valores en Newtons

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	90.4ab	166.4a	104.0a	161.1a
	0.15	67.7abcde	163.3a	90.6a	154.8a
	0.6	89.1ab	146.4ab	99.6a	134.1a
	1.0	108.4a	150.8ab	99.6a	132.7a
7	Control	69.8abcde	123.7abc	43.2bc	63.4bc
	0.15	85.3ab	126.0abc	55.7b	70.5b
	0.6	91.3ab	107.5bcd	39.5bcd	42.0bcd
	1.0	80.7ab	87.9cd	39.2bcde	39.7bcd
13	Control	87.0ab	89.7cd	21.6cdef	31.7cd
	0.15	83.9ab	104.7bcd	28.6cdef	25.8d
	0.6	86.1ab	93.2cd	24.5cdef	20.9d
	1.0	79.9abc	73.1d	22.8cdef	17.7d
19	Control	34.4e	66.0d	16.0def	21.5d
	0.15	45.8cde	85.8cd	16.2f	14.7d
	0.6	42.7de	68.5d	15.7ef	13.7d
	1.0	65.2bcd	71.0d	15.1f	13.3d

Contenido de ácido ascórbico: Valores en mg de ácido ascórbico en 100g de pulpa

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	26.9abc	24.9b	28.4abc	23.5abcd
	0.15	23.6bc	22.0b	26.8abc	27.1abc
	0.6	27.4abc	28.6b	19.7bc	29.0ab
	1.0	25.4abc	27.1b	27.6abc	24.6abcd
7	Control	39.4a	28.2b	26.9abc	24.3abcd
	0.15	34.7ab	26.9b	30.8ab	23.4abcd
	0.6	37.7a	24.7b	35.1a	26.9abc
	1.0	30.8abc	26.0b	25.6abc	17.8bcd
13	Control	32.5abc	24.0b	25.6abc	25.3abcd
	0.15	29.0abc	33.3ab	20.4bc	31.2a
	0.6	23.8bc	46.7a	19.1c	24.7abcd
	1.0	23.4bc	26.7b	17.8c	30.0a
19	Control	29.2abc	28.6b	32.1ab	31.2a
	0.15	27.7abc	27.7b	33.2a	14.6d
	0.6	24.6bc	23.8b	28.3abc	22.8abcd
	1.0	21.6c	17.3b	23.5bc	16.0cd

Contenido de acidez: % Ácido cítrico en 100 g de pulpa

Día	Dosis	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	1.17ab	0.97abc	1.21a	0.89a
	0.15	0.95abc	0.93abc	1.16ab	0.79ab
	0.6	1.25a	0.95abc	1.3a	0.69abc
	1.0	0.91abc	1.01ab	1.25a	0.86a
7	Control	0.87abc	1.12a	0.62cd	0.73ab
	0.15	0.80abc	0.77bc	0.87bc	0.65abc
	0.6	0.99abc	0.81abc	0.62cd	0.38cd
	1.0	0.98abc	1.03ab	0.44de	0.50bcd
13	Control	1.05abc	0.84abc	0.07f	0.29d
	0.15	0.94abc	0.69c	0.18ef	0.23d
	0.6	0.89abc	0.74bc	0.27ef	0.21d
	1.0	0.82abc	0.74bc	0.18ef	0.24d
19	Control	1.02abc		0.07f	
	0.15	0.81bc		0.08f	
	0.6	0.74c		0.10f	
	1.0	0.80bc		0.11f	

Pérdida de peso. Valores en % de peso perdido respecto del peso original

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control		0.8ef	0.5d	0.7e
	0.15	0.5h	0.7f	0.4d	0.8e
	0.6		0.8ef	0.4d	0.7e
	1.0	0.5h	0.8ef	0.6d	0.9e
7	Control	2.0efgh	2.6de	3.0c	3.0d
	0.15	1.8fgh	2.7cde	2.6c	3.1d
	0.6	2.1efgh	2.5def	3.0c	3.0d
	1.0	1.8gh	2.8cde	2.8c	3.4d
13	Control	3.4def	4.2abcd	5.8b	5.9c
	0.15	3.5cde	4.1abcd	5.4b	5.5c
	0.6	3.7bcd	4.5abc	5.7b	5.8c
	1.0	3.2defg	3.9bcd	6.2b	6.1bc
19	Control	5.6a	5.8ab	8.0a	8.3a
	0.15	4.9abc	5.9a	8.2a	8.0ab
	0.6	5.6a	5.6ab	8.0a	7.6abc
	1.0	5.0ab	5.9a	8.5a	8.1a

Contenido de sólidos solubles totales. Valores en °Brix

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	7.8f	8.0ef	6.8d	8.1c
	0.15	10.1cdef	7.4f	7.5d	7.7c
	0.6	8.3def	8.1ef	7.3d	9.7c
	1.0	8.2ef	8.4def	7.8d	8.7c
7	Control	13.2abc	8.8cdef	12.1c	13.2ab
	0.15	12.2abc	8.6cdef	13.7abc	12.8b
	0.6	10.7cdef	10.2abcdef	13.2bc	15.6ab
	1.0	11.0bcdef	9.0bcdef	14.2abc	14.0ab
13	Control	12.8abc	11.7abc	15.3abc	13.7ab
	0.15	13.3abc	11.6abcd	15.7ab	15.5ab
	0.6	11.6abcd	10.9abcde	14.7abc	15.9a
	1.0	10.4cdef	9.5bcdef	15.3abc	14.7ab
19	Control	13.7ab	12.8a	17.0a	14.3ab
	0.15	14.3a	12.8a	14.6abc	15.3ab
	0.6	13.9a	13.4a	14.8abc	15.6ab
	1.0	12.5abc	12.1ab	15.0ab	14.8ab

Color de la pulpa. Valor a* de la escala CIELAB

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	7.3b	10.7ab	7.4g	10.1cde
	0.15	10.4ab	6.3b	8.0fg	6.6e
	0.6	11.0ab	10.2ab	9.0fg	9.9cde
	1.0	9.9ab	8.5ab	10.2efg	8.8de
7	Control	9.5ab	9.3ab	15.9bcde	15.0abcd
	0.15	7.5b	5.4b	10.7efg	11.4bcde
	0.6	7.9ab	12.2ab	11.6defg	16.2abc
	1.0	8.6ab	7.8b	14.0cdefg	13.7bcde
13	Control	9.0ab	10.0ab	20.6abc	15.8abcd
	0.15	8.6ab	8.7ab	19.9abc	18.1ab
	0.6	6.9b	8.1ab	19.9abc	16.1abcd
	1.0	6.5b	7.6b	17.8abcd	13.8bcde
19	Control	9.2ab	7.3b	23.9a	21.6a
	0.15	14.1a	9.1ab	21.1ab	18.5ab
	0.6	10.6ab	15.4a	19.9abc	19.6ab
	1.0	10.2ab	9.2ab	21.2ab	17.1abc

Color de la piel. Valor de a* de la escala CIELAB

Día	Dosis	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control		-9.5a		-7.4c
	0.15		-8.3a		-7.8c
	0.6		-9.1a		-6.6abc
	1.0		-8.1a		-6.6bc
7	Control		-9.1a		-7.4c
	0.15		-5.9a		-4.6abc
	0.6		-6.6a		-3.7abc
	1.0		-6.7a		-4.6abc
13	Control		-6.0a		-2.3abc
	0.15		-6.2a		1.1ab
	0.6		-6.0a		1.0a
	1.0		-5.2a		-2.1abc
19	Control				
	0.15				
	0.6				
	1.0				

Anexo 6. Cuadros de comparación de medias de las variables de respuesta fisicoquímicas en frutos de mango de la variedad 'Kent' en diferente estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 (T10) y 20°C (T20) durante diferentes días. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tuckey 0.05)

Firmeza: Valores en Newtons.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	163.4a	164.0a	150.3b	146.9b
	0.15	110.3bc	123.7b	124.4f	130.1bc
	0.6	123.7b	122.8b	115.5fg	107.0c
	1.0	86.9cd	90.7cd	95.2g	112.8c
7	Control	113.1bc	120.1bc	43.7c	49.5d
	0.15	88.7cd	88.5de	35.0cdh	36.7de
	0.6	86.5cd	71.6defg	40.5cd	28.5de
	1.0	69.7def	77.15def	20.4dh	24.1de
13	Control	74.5de	74.2defg	18.2dh	27.0de
	0.15	69.6def	63.7defg	18.7dh	21.7de
	0.6	42.1f	72.0defg	24.4cdh	15.7e
	1.0	69.2def	66.3defg	14.0h	15.2e
19	Control	43.4ef	45.5g		
	0.15	55.2ef	49.1fg	16.6cdh	
	0.6	46.0ef	55.2efg	24.1cdh	10.8de
	1.0	46.5ef	49.7fg		11.2de

Ácido ascórbico: Valores en mg de ácido ascórbico en 100g de pulpa.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	32.9bcde	29.9bcd	29.0cde	33.8bcd
	0.15	42.0ab	33.8abc	36.4bc	36.8bc
	0.6	38.1abcd	28.6cde	32.5cde	36.0bcd
	1.0	36.8abcd	33.8abc	37.7bc	31.6bcd
7	Control	35.2abcd	33.6abc	44.8b	42b
	0.15	44.8a	37.6ab	34.4bcd	34bcd
	0.6	27.6def	39.2a	29.6cde	32.4bcd
	1.0	38.8abc	27.6cde	31.6cde	29.6cde
13	Control	27.6def	28cde	22.4ef	17.6f
	0.15	24ef	26cde	16.12f	20ef
	0.6	21.6f	22de	17.6f	25.6def
	1.0	20.4f	20e	24.0def	16.8f
19	Control	27.2def	31.0abcd		
	0.15	23.2ef	30.3bcd	30bcdef	
	0.6	20.4f	25.5cde	8.0f	24cdef
	1.0	27.6cdef	20.3e		34bcde

Contenido de acidez titulable. Valores en % de ácido cítrico en 100 g de muestra fresca.

Día	Dosis	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	0.7b	0.8ab	1.0b	1.0b
	0.15	0.7b	0.7ab	0.6cdfg	0.7bcde
	0.6	0.9b	0.9ab	0.6cdf	0.7bcdef
	1.0	0.8ab	0.6b	0.9bc	0.8bcd
7	Control	0.8b	0.9ab	0.8bcf	0.9bc
	0.15	0.9ab	0.8ab	0.6cdfg	0.7bcdef
	0.6	0.8b	0.72ab	0.7bcf	0.7bcdefg
	1.0	0.9ab	0.8ab	0.7bcf	0.4defgh
13	Control	0.9ab	0.9ab	0.3dg	0.5cdefgh
	0.15	0.9ab	0.8ab	0.3dg	0.3h
	0.6	0.7b	0.9ab	0.3g	0.3fgh
	1.0	0.9ab	0.7ab	0.3dg	0.3gh
19	Control	0.8ab	0.9ab		
	0.15	1.2a	0.9a	0.2cdfg	
	0.6	0.9ab	1.1a	0.2dfg	0.2defgh
	1.0	0.7b	0.8ab		0.2efgh

Perdida de peso: Valores en % de peso perdido respecto del peso original

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	0.7g	0.5ef	0.6g	0.4e
	0.15	0.8g	0.5f	0.6g	0.4e
	0.6	0.8g	0.4f	0.8g	0.7e
	1.0	1.0fg	0.8def	0.7g	0.6e
7	Control	3.0e	2.1cdef	3.5f	3.2d
	0.15	2.6ef	2.3cdef	3.7f	3.2d
	0.6	3.2de	2.1cdef	4.5f	3.4d
	1.0	3.6de	2.7bcdef	5.2ef	3.2d
13	Control	4.8cd	3.6abcd	5.6ef	5.2c
	0.15	4.9bcd	3.4abcde	7.7de	5.6c
	0.6	5.4bc	3.7abc	7.5e	6.2c
	1.0	5.4bc	5.9ab	10.1cd	6.2c
19	Control	8.3a	5.5ab		
	0.15	6.6ab	5.4ab	11.2c	8.5b
	0.6	8.2a	5.4abc		10.0b
	1.0	7.3a	6.0a	14.0b	

Contenido de sólidos solubles. Valores en °Bx

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	6.5e	7.2ghi	6.9d	6.9d
	0.15	6.6e	6.8hi	6.7d	6.9f
	0.6	6.8e	6.8i	7.0d	7.0f
	1.0	6.4e	6.5i	7.1d	7.2f
7	Control	8.0de	8.8fg	13.7bc	14.0de
	0.15	7.8de	8.4fgh	14.2bc	14.4cde
	0.6	8.0cde	9.0f	13.3c	14.1e
	1.0	7.8de	8.6fg	13.4c	15.1bcde
13	Control	9.7bcd	12.8abcd	17.1b	17.0bcd
	0.15	10.1bc	12.0cde	15.1bc	16.6bcde
	0.6	11.1ab	11.5de	14.3bc	17.5b
	1.0	9.6bcd	10.9e	13.3c	17.3bc
19	Control	12.7a	14.3a		
	0.15	11.8ab	13.8ab	11.1bcd	
	0.6	11.6ab	13.2abc	12.2bcd	15.7bcde
	1.0	10.2bc	12.6bcd		14.6bcde

Color de la pulpa: Valores a escala CIELAB

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	4.0a	10.6ab	5.2efg	7.5def
	0.15	1.7a	8.3abc	1.5g	5.4f
	0.6	1.1a	7.4abc	1.9fg	6.3ef
	1.0	2.9a	5.0bc	5.7defg	6.4def
7	Control	4.0a	8.2abc	11.6bcde	13.2bcde
	0.15	1.6a	2.8c	12.2bcde	9.4cdef
	0.6	4.2a	4.9bc	8.1cdefg	11.4bcdef
	1.0	2.5a	6.0abc	8.9cdefg	14.1bcd
13	Control	1.9a	12.3a	17.9b	16.7bc
	0.15	0.6a	5.8abc	17.4b	17.6b
	0.6	3.0a	7.1abc	13.6bc	19.1b
	1.0	2.7a	7.7abc	13.1bcd	17.4b
19	Control	1.4a	11.1ab		
	0.15	3.6a	7.3abc	16.2bcdef	
	0.6	3.6a	7.4abc		20.2bc
	1.0	2.7a	9.8abc		20.7b

Color de la piel. Valores de a* escala CIELAB

Día	Dosis	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	-4.8b	-6.4b	-5.7e	-6bc
	0.15	-4.4b	-5.2ab	-3.7e	-5.5bc
	0.6	-4.6b	-5.5ab	-4e	-5bc
	1.0	-5.5b	-4.5ab	-5e	-5.1bc
7	Control	-0.6ab	-4.9ab	-1.1d	-4.7bc
	0.15	-3.1ab	-5.3ab	0.1bcd	-1.4bc
	0.6	-1.9ab	-4.5ab	-1.3d	3.9bc
	1.0	-1.5ab	-4.2ab	-1.7d	-1.3bc
13	Control	-2.1ab	0.1ab	13.7a	6.0 bc
	0.15	1.5ab	-4.2ab	2.5bcd	3.9bc
	0.6	3.6ab	3.9ab	7.1ab	8.3b
	1.0	8.1 ^a	0.9ab	3.1bc	7.7bc
19	Control	5.5ab	4.2a		
	0.15	-1.7ab	-5.6ab	16.1a	
	0.6	4.8ab	-0.9ab	3.7bc	9.7bc
	1.0	3.7ab	-1.2ab	3.1bc	5.8bc

Anexo 7. Cuadros de comparación de medias de las variables de respuesta fisicoquímicas en frutos de mango de la variedad 'Keitt' en diferentes estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 (T10) y 20°C (T20) durante diferentes días. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tuckey 0.05)

Firmeza: valores en Newtons.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	96.3abc	138.4a	124.2a	139.9a
	0.15	113.8a	134.9a	106.5ab	123.2a
	0.6	99.5ab	128.2ab	89.7b	113.1a
	1.0	85.3abcd	99.4bcde	90.5b	120.7a
7	Control	79.9abcd	84.8def	64.8c	74.7b
	0.15	83.8abcd	111.6abcd	62.6c	47.8bc
	0.6	82abcd	122.1abc	52.7cd	45.0bcd
	1.0	76.9bcd	91.0cde	39.1de	38.7cde
13	Control	63.6cd	52.2fgh	37.3de	35.5cde
	0.15	64.3cd	78.2efg	31.8de	29.3cde
	0.6	67.9bcd	96.7bcde	18.6e	18.6cde
	1.0	55.8d	85.9de	21e	18.9cde
19	Control	52.5d	37.3h	21.7e	24.5cde
	0.15	52.1d	47.5gh	23.2e	11.1e
	0.6	65.9bcd	82.3def	15.5e	16.1de
	1.0	83.7abcd	91.8cde	17.9e	12.9de

Ácido ascórbico: Valores en mg de ácido ascórbico en 100g de pulpa.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	45.9abcd	38.6a	52.9ab	40.3a
	0.15	42.5abcdef	34.2ab	45.1bcd	34.2ab
	0.6	41.2bcdef	32.1abc	47.7abc	35.5ab
	1.0	43.3abcde	32.5abc	45.9abc	37.3ab
7	Control	55.2a	35.7ab	57.2a	32.7abc
	0.15	43.6abcde	32.3abc	49.6ab	26bcd
	0.6	49.6ab	36ab	33.2def	25.3bcd
	1.0	47.6abc	34ab	36cde	19de
13	Control	36.8bcdefg	37a	27.2efg	26.7bcd
	0.15	38bcdef	33ab	28.4efg	20.7cde
	0.6	32.8defg	21cd	26.8efg	10.7e
	1.0	32efg	18d	14h	10.3e
19	Control	33.7defg	33.3ab	25.2efgh	27bcd
	0.15	35cdefg	32abc	20.5fgh	18.4de
	0.6	30fg	24.7bcd	13gh	18de
	1.0	24.7g	20.7cd	15gh	14de

Contenido de acidez titulable. Valores en % de ácido cítrico en 100 g de muestra fresca.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	1.2a	1.1a	1.5a	1.0ab
	0.15	1.2a	1.0ab	1.2ab	1.1a
	0.6	1.3a	1.1a	1.2abc	0.7abc
	1.0	1.4a	1.0ab	1.4ab	1.0ab
7	Control	1.3a	1.0ab	1.3ab	1.0ab
	0.15	1.4a	0.9abc	1.2abc	0.9ab
	0.6	0.9a	1.0ab	1.0abcd	0.6abcde
	1.0	0.9a	0.6bc	0.8bcde	0.6abcde
13	Control	1.2a	0.6bc	1.0abcde	1.0ab
	0.15	1.0a	0.8abc	0.6cde	0.6bcde
	0.6	1.0a	0.9abc	0.5de	0.4cde
	1.0	1.1a	0.5c	0.5de	0.3cde
19	Control	1.2a	0.9abc	0.9bcde	0.7abcd
	0.15	1.3a	1.0ab	0.4e	0.2de
	0.6	0.9a	0.9abc	0.2de	0.2e
	1.0	1.1a	0.8abc	0.4e	0.2cde

Pérdida de peso. Valores en % de peso perdido respecto del peso inicial

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	0.6fg	0.8f	0.2h	0.9f
	0.15	0.5g	0.8f	0.7fgh	0.8f
	0.6	0.5g	0.9f	0.6fgh	0.8f
	1.0	0.6fg	0.8f	0.5gh	0.7f
7	Control	2.4de	3.6e	2.8efgh	3.6e
	0.15	2.2ef	3.3e	3.9defg	4.6e
	0.6	2.3e	2.9e	2.8efgh	4.5e
	1.0	2.5cde	3.1e	4.0def	4.4e
13	Control	3.8bcde	6.8cd	4.5cde	7.1cd
	0.15	4.2bc	5.6d	5.1bcde	7.5cd
	0.6	4.0bcd	5.4d	6.1bcde	7.2cd
	1.0	4.7ab	5.8d	5.9bcde	6.8d
19	Control	5.0ab	9.3a	6.4bcd	8.6bc
	0.15	6.0a	9.0ab	8.2ab	11.1a
	0.6	4.3b	7.9bc	7.7abc	10.0ab
	1.0	6.2a	8.3ab	10.4a	10.1ab

Contenido de sólidos solubles totales. Valores en °Brix

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	7.0f	6.0g	6.4d	6.5e
	0.15	7.0f	6.2g	7.2d	6.4e
	0.6	7.1f	6.3g	7.1d	6.5e
	1.0	7.0f	4.0g	6.8d	6.3e
7	Control	8.4cdef	7.2fg	9.8c	10.2d
	0.15	9.2cd	7.7ef	11.4bc	12.7bc
	0.6	8.4cdef	7.2fg	12.6ab	12.3c
	1.0	7.4ef	7.1fg	12.7ab	12.3c
13	Control	10.0bc	9.6cd	13.4ab	13.7abc
	0.15	11.2ab	10.0bcd	13.9a	14.2ab
	0.6	9.8bc	9.1cde	14.3a	14.8a
	1.0	7.6def	8.7de	13.2ab	13.6abc
19	Control	11.5a	12.1a	14.1a	14.3ab
	0.15	11.5a	11.4ab		15.5a
	0.6	11.8a	11.2ab	14.2ab	13.9abc
	1.0	8.8cde	10.4bc	13.6ab	15.6a

Color de la pulpa del fruto. Valores a* de la escala CIELAB

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	3.05ab	4.8a	2.6f	3.9e
	0.15	4.0ab	6.0a	4.3def	3.2e
	0.6	3.8ab	4.1a	2.7f	4.8e
	1.0	3.8ab	4.2a	3.5ef	4.8e
7	Control	4.0ab	3.8a	3.0ef	4.8de
	0.15	4.7ab	4.0a	2.8f	5.1de
	0.6	3.9ab	3.2a	6.4cdef	5.9de
	1.0	2.1ab	4.5a	7.3bcdef	6.4de
13	Control	3.6ab	5.5a	9.4abcde	9.9cd
	0.15	2.8ab	6.6a	12.9ab	12.3bc
	0.6	2.2ab	7.1a	12.7abc	14.5abc
	1.0	0.6b	6.1a	12.4abc	12.4bc
19	Control	6.3a	5.9a	10.6abcd	12.2bc
	0.15	3.4ab	5.4a	16.2a	18.2a
	0.6	3.5ab	6.7a	15.1abc	18.0a
	1.0	0.6b	4.7a	15.1a	16.3ab

Color de la piel: Valor de a* escala CIELAB

Día	Dosis	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	-6c	-9b	-5.8cd	-7.6b
	0.15	-5.3c	-8.1b	-6.3d	-6.5b
	0.6	-4bc	-6.5b	-7.8d	-7.7b
	1.0	-7c	-7.4b	-5.7cd	-8.2b
7	Control	-3.2bc	-5.8b	-6.7d	-5.8b
	0.15	-4bc	-6.6b	-0.4bcd	-7.5b
	0.6	-3.5bc	-6.5b	-1.8bcd	-6.4b
	1.0	-4.1bc	-6.3b	-4.8cd	-6.1b
13	Control	-1.3abc	-4.5b	0.8abcd	-8.9b
	0.15	10.6ab	-6.9b	-1.1bcd	-6b
	0.6	8.1abc	-7.5b	8.7abc	-5.7b
	1.0	1.7abc	-7.4b	6.3abcd	-5.6b
19	Control	-1.4abc	10.7a	3.3abcd	4.7a
	0.15	3.2abc	5.3a	11.9ab	7.1a
	0.6	13.2a	5.1a	3.7abcd	8.0a
	1.0	0.7abc	5.8a	16.0a	9.5a

Anexo 8. Cuadros de comparación de medias de las variables de respuesta fisicoquímicas en frutos de mango de la variedad 'Ataulfo' en diferentes estados de madurez (¼ y ¾), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 (T10) y 20°C (T20) durante diferentes días. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tuckey 0.05)

Firmeza: Valores en Newtons.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	control	53.5 ab	48.5 a	43.6 ab	37.3 c
	0.15	73.7 a	45.2 ab	38 abc	64.4 b
	0.6	57.7 ab	49.9 a	56.1 a	63.5 b
	1.0	43.7 bc	39.4 abc	46.0 ab	61.2 b
7	control	39.5 bcde	36.8 abcd	14.6 d	13.8 d
	0.15	42.9 bcd	18.3 cde	14.7 d	15.5 d
	0.6	33.1 bcdef	28 abcde	16.2 d	16.4 d
	1.0	25.57 cdef	14.3 de	21.2 cd	19.4 cd
13	control	23.6 cdef	17.5 cde	13.6 d	9.9 d
	0.15	12.53 f	21.2 cde	9.5 d	11.7 d
	0.6	27.7 cdef	23.1 bcde	9.1 d	11.5 d
	1.0	19.06 cdef	16.4 cde	11.3 d	11.9 d
19	control	11.1 f	12.3 de	12 d	
	0.15	14.7 ef	15.6 cde	7.9 bcd	9.1 d
	0.6	17 def	15.2 cde	7.9 d	7.9 d
	1.0	15.31 ef	10.48 e	11.9 d	10.7 d

Ácido ascórbico: valores en mg de ácido ascórbico en 100g de pulpa

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	118 ab	114 a	112.8 c	108.8 bc
	0.15	107 abc	102 ab	118.4 bc	112.4 bc
	0.6	109.3 abc	108.7 ab	109 c	114 b
	1.0	121.9 ab	115 a	150.8 ab	106 bcd
7	Control	99.2 abc	115.6 a	101.6 cd	91.6 bcd
	0.15	98.87 abc	112.8 a	94.4 cd	93.6 bcd
	0.6	106.4 abc	91.2 ab	99.2 cd	76.8 cd
	1.0	104.4 abc	105.2 ab	103.2 c	82 bcd
13	Control	138.8 a	123.6 a	107.6 c	88 bcd
	0.15	122.8 ab	110.4 ab	90.4 cd	98.4 bcd
	0.6	110 abc	98.8 ab	106.05 c	71.6 d
	1.0	111.6 abc	86.4 ab	87.6 cd	80 bcd
19	Control	120 ab	136.8 a	162.4 a	
	0.15	97.2 abc	123.2 a	134.4 abc	91.2 bcd
	0.6	81.12 bc	110.4 ab	100 cd	92.8 bcd
	1.0	61.6 c	64 b	68.0 d	95.52 bcd

Contenido de acidez titulable. Valores en % de ácido cítrico en 100 g de muestra fresca.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	2.7 abc	2.6 a	2.5 a	2.8 b
	0.15	2.6 abc	2.3 a	2.4 a	2.8 b
	0.6	2.8 a	2.3 a	2.6 a	2.7 b
	1.0	2.8 a	2.7 a	3.0 a	2.6 b
7	Control	2.3 abc	2.4 a	0.8 bcd	0.9 cde
	0.15	2.2 abc	1.7 a	1.3 b	1.1 c
	0.6	2.4 abc	1.8 a	1.2 bc	1.08 cd
	1.0	2.8 ab	1.9 a	1.3 b	1.1 cd
13	Control	2.3 abc	2.2 a	0.2 d	0.1 f
	0.15	1.6 c	1.4 a	0.3 d	0.3 ef
	0.6	2 abc	1.5 a	0.3 d	0.4 def
	1.0	2.5 abc	2.1 a	0.4 bcd	0.4 def
19	Control	1.7 bc	1.9 a	0.1 cd	
	0.15	1.9 abc	1.5 a	0.3 bcd	0.2 f
	0.6	1.6 c	1.6 a	0.2 cd	0.17 ef
	1.0	1.7 c	2.4 a	0.4 cd	0.3 ef

Pérdida de peso. Valores en % de peso perdido respecto del peso inicial

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	0.7 f	0.6 gh	0.6 d	0.6 f
	0.15	0.6 f	0.5 h	0.6 d	0.8 f
	0.6	0.7 f	0.6 gh	0.6 d	0.6 f
	1.0	0.7 f	0.6 gh	0.4 d	0.6 f
7	Control	2.4 e	2.7 ef	4.5 c	4.7 e
	0.15	2.4 e	2.2 fg	4.0 c	4.0 e
	0.6	2.9 de	2.5 ef	4.7 c	4.0 e
	1.0	2.7 e	2.6 ef	4.2 c	3.8 e
13	Control	4.9 bc	5.2 cd	7.4 b	8.1 bcd
	0.15	5.8 abc	3.9 de	7.0 b	7.2 d
	0.6	4.5 cd	4.1 de	8.2 b	7.8 cd
	1.0	4.6 c	5.1 cd	7.9 b	7.5 cd
19	Control	7.3 a	8 ab	8.9 ab	
	0.15	6.5 ab	6.3 bc	8.5 ab	9.4 bc
	0.6	6.5 ab	7.1 ab	10.4 a	9.7 b
	1.0	6.7 a	7.96 a	10.8 a	9.8 b

Contenido de sólidos solubles totales. Valores en °Brix

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	8.2 efg	8.0 ef	8.9 cde	7.4 f
	0.15	6.8 g	9.0 def	8.0 de	8.9 def
	0.6	7.0 fg	8.3 ef	8.3 de	7.8 f
	1.0	7.3 fg	7.1 f	7.3 e	8.6 ef
7	Control	9.6 defg	10.3 bcdef	13.3 ab	13.0 c
	0.15	10.0 cdefg	13.3 abc	13.1 ab	15.4 bc
	0.6	10.4 bcdef	10.9 bcdef	13.5 ab	14.2 bc
	1.0	7.9 efg	9.9 bcdef	11.5 bcd	12.7 cd
13	Control	11.6 abcd	11.9 abcde	14.3 ab	12.4 cde
	0.15	13.4 abc	12.9 abcd	13.4 ab	15.2 bc
	0.6	11.3 abcde	11.8 abcde	13.7 ab	14.1 bc
	1.0	7.4 fg	9.5 bcdef	12.4 abc	14.3 bc
19	Control	13.9 a	13.8 ab	14.8 ab	
	0.15	13.4 ab	13.3 abc	14.4 abcd	17.5 b
	0.6	12.0 abcd	15.9 a	16.8 a	14 bc
	1.0	9.8 defg	9.3 cdef	11.6 bcd	13.9 bc

Color de la pulpa del fruto. Valores a* de la escala CIELAB

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	4.0a	10.6ab	5.2efg	7.5def
	0.15	1.7a	8.3abc	1.5g	5.4f
	0.6	1.1a	7.4abc	1.9fg	6.3ef
	1.0	2.9a	5.0bc	5.7defg	6.4def
7	Control	4.0a	8.2abc	11.6bcde	13.2bcde
	0.15	1.6a	2.8c	12.2bcde	9.4cdef
	0.6	4.2a	4.9bc	8.1cdefg	11.4bcdef
	1.0	2.5a	6.0abc	8.9cdefg	14.1bcd
13	Control	1.9a	12.3a	17.9b	16.7bc
	0.15	0.6a	5.8abc	17.4b	17.6b
	0.6	3.1a	7.1abc	13.6bc	19.1b
	1.0	2.7a	7.7abc	13.1bcd	17.4bc
19	Control	1.4a	11.1ab		
	0.15	3.6a	7.3abc	16.2bcdef	
	0.6	3.6a	7.4abc		20.2bc
	1.0	2.7a	9.9abc		20.7b

Color de la piel: Valor de a* escala CIELAB

Día	Dosis	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	-6.3 c	-3.8ab	-3.5ef	-5.4e
	0.15	-5.7bc	-5.3ab	-3.6ef	-5.3e
	0.6	-5.5bc	-2.7ab	-5.1f	-6.0e
	1.0	-0.4ab	-2.7ab	-5.7f	-4.6e
7	Control	-2.5abc	-2.8ab	9.8bd	8.2cd
	0.15	-1.0 abc	2.5a	7.0bd	8.4cd
	0.6	-2.7abc	3.0a	5.5bd	7.5cd
	1.0	2.2abc	0.3ab	4.7de	3.3d
13	Control	1.1a	-0.7ab	15.2ab	15.7b
	0.15	0.5a	0.6ab	14.3ab	15.3b
	0.6	-0.8abc	0.6ab	12.8abd	12.5bc
	1.0	-1.1abc	0.6ab	8.9bd	12.7bc
19	Control	1.6a	1.1ab	21.8a	
	0.15	0.4a	-0.9ab		18.3b
	0.6	1.3a	1.4ab	16.9ab	15.5b
	1.0	0.9a	2.9a	14.4ab	14.9bc

Anexo 9. Cuadros de comparación de medias de las variables de respuesta fisicoquímicas en frutos de mango de la variedad 'Manila' en diferentes estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$), irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 (T10) y 20°C (T20) durante diferentes días. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tuckey 0.05)

Firmeza: valores en Newtons.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	24.4abc	24.1ab	13.7c	18.5b
	0.15	24.5abc	21.0ab	34.4b	18.1b
	0.6	31.4ab	27.5ab	30.8b	31.3a
	1.0	45.5a	32.7a	19.1bc	31.2a
7	Control	9.1c	6.9b	4.9c	4.2c
	0.15	19.6bc	11.1ab	6.0c	4.0c
	0.6	14.4bc	12.8ab	6.5c	7.2bc
	1.0	22.5bc	18.6ab	4.8c	4.8c
13	Control	5.2c	6.3b	4.1c	4.8c
	0.15	13.0bc	8.3b	5.1c	3.5c
	0.6	10.3bc	10.2ab	3.0c	4.0c
	1.0	14.3bc	15.8ab	3.8c	4.7c
19	Control	4.5c	4.8ab		
	0.15	5.0c	7.4ab		
	0.6	10.3bc	11.8ab	5.2c	
	1.0	12.7bc	11.2ab		

Ácido ascórbico: valores en mg de ácido ascórbico en 100g de pulpa

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	56.4bc	51.6bcd	50.0bce	49.6b
	0.15	48.0c	54.4bcd	57.2bce	54.8ab
	0.6	51.5c	57.2bcd	52.0bce	49.2b
	1.0	56.4bc	57.6bcd	49.2ce	52.0b
7	Control	55.2bc	49.6d	50.4bce	58.4ab
	0.15	59.2bc	59.2bcd	39.4e	50.4b
	0.6	56bc	53.2bcd	42.8e	48.8b
	1.0	58.4bc	58.8bcd	46.0e	46.0b
13	Control	46.8c	56.8bcd	72.0bc	63.8ab
	0.15	50.4c	62.4bcd	60.8bce	80.8a
	0.6	59.2bc	56.4bcd	50.9bce	55.2ab
	1.0	43.2c	46.0d	52.2bce	56.4ab
19	Control	72.0abc	100.8a		
	0.15	91.2a	69.0abc		
	0.6	75.2ab	71.2ab	86.4b	
	1.0	60.0bc	56.6bcd		

Contenido de acidez titulable. Valores en % de ácido cítrico en 100 g de muestra fresca.

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	1.92ab	1.50a	1.40bc	1.15ab
	0.15	1.45ab	1.66b	1.75b	1.16ab
	0.6	1.84ab	1.67a	1.76b	1.56a
	1.0	2.04a	1.66a	1.10bcd	1.86a
7	Control	1.20ab	0.78a	0.38de	0.22c
	0.15	1.21ab	1.27a	0.41de	0.39c
	0.6	1.24ab	1.34a	0.55de	0.53bc
	1.0	1.85ab	1.55a	0.48de	0.27c
13	Control	1.23ab	0.80a	0.18e	0.18c
	0.15	1.26ab	1.42a	0.18e	0.17c
	0.6	1.02ab	1.29a	0.22e	0.20c
	1.0	1.71ab	1.68a	0.16e	0.18c
19	Control	1.66ab	1.15a		
	0.15	0.66b	1.37a		
	0.6	1.45ab	1.56a	0.30cde	
	1.0	1.17ab	1.57a		

Pérdida de peso. Valores en % de peso perdido respecto del peso inicial

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	0.4g	0.4f	0.5e	0.4c
	0.15	0.8g	0.9f	0.6e	0.9c
	0.6	0.8g	0.6f	0.6e	0.7c
	1.0	0.7g	0.7f	0.6e	0.7c
7	Control	2.6f	2.8e	4.1d	4.0b
	0.15	3.7de	3.4de	4.8d	5.0b
	0.6	2.8ef	3.1e	4.5d	4.5b
	1.0	2.9ef	3.3e	4.4d	4.5b
13	Control	5.3bc	4.9c	7.2c	7.5a
	0.15	5.1bc	5.8c	8.6c	8.3a
	0.6	4.6cd	5.5c	8.3c	7.7a
	1.0	5.5bc	5.6c	8.1c	7.6a
19	Control	7.5a	5.7bcd		
	0.15	7.5a	8.0ab		
	0.6	6.5ab	7.7ab	11.0b	
	1.0	7.6a	8.6a		

Contenido de sólidos solubles totales. Valores en °Brix

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	10.6cd	13.0ab	13.6bcd	13.7abcd
	0.15	11.8abcd	12.0ab	12.5cd	13.4bcd
	0.6	11.6bcd	11.1b	11.7d	12.1cd
	1.0	9.6d	11.8ab	14.2bcd	11.1d
7	Control	15.0ab	16.6a	15.1bcd	16.1ab
	0.15	13.9abcd	13.6ab	16.3bc	16.0ab
	0.6	14.1abc	12.9ab	16.7b	14.9abc
	1.0	11.4bcd	12.3ab	16.1bc	16.7a
13	Control	15.6ab	15.7ab	14.9bcd	15.9ab
	0.15	15.3ab	15.7ab	15.8bc	15.0abc
	0.6	16.1a	13.8ab	16.4bc	15.4ab
	1.0	12.1abcd	11.4b	16.1bc	15.5ab
19	Control	15.1abcd	15.8ab		
	0.15	17.1ab	14.7ab		
	0.6	16.2ab	14.5ab	14.8bcd	
	1.0	13.5abcd	13.8ab		

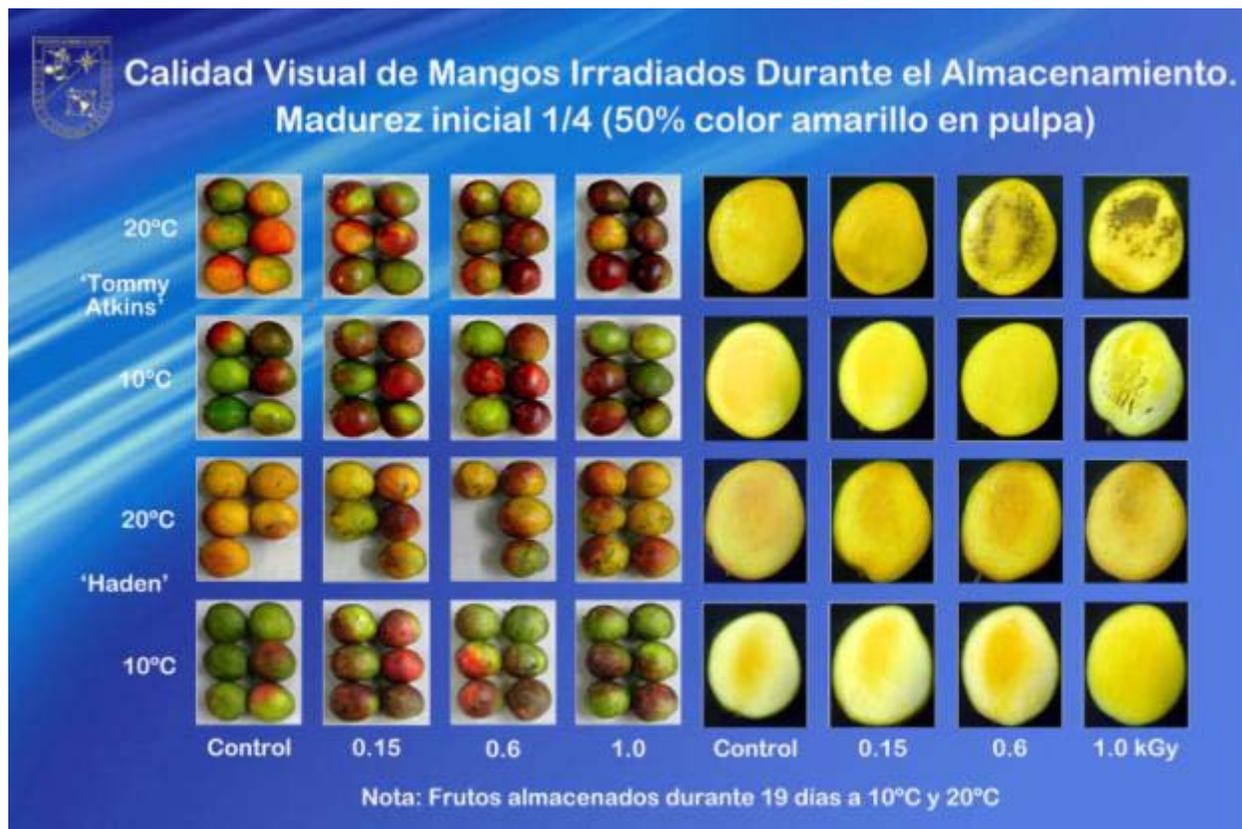
Color de la pulpa del fruto. Valores a* de la escala CIELAB

Día	Dosis (kGy)	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	5.7a	6.5ab	10.8bce	8.8cde
	0.15	6.6a	6.8ab	6.4e	9.4bcde
	0.6	7.5a	6.4ab	6.3e	6.5de
	1.0	4.0b	5.3ab	8.9ce	5.5e
7	Control	9.2a	11.1a	12.4bcde	15.4ab
	0.15	7.6a	9.4ab	14.3bcd	14.7abc
	0.6	8.6a	9.1ab	12.6bcde	12.2abcd
	1.0	3.7b	4.6ab	11.0bcde	14.3abc
13	Control	7.1a	9.2ab	15.0bcd	11.7abcde
	0.15	6.4a	6.7ab	17.5d	16.2a
	0.6	7.7a	7.5ab	14.7bcd	17.1a
	1.0	5.5b	3.6b	15.6bd	13.1abc
19	Control	5.4a	7.3ab		
	0.15	9.2a	8.9ab		
	0.6	7.7a	9.9ab	8.3bcde	
	1.0	6.1a	4.9ab		

Color de la piel: Valor de a* escala CIELAB

Día	Dosis	T10, 1/4	T10, 3/4	T20 1/4	T20, 3/4
1	Control	-9.7e	-5.9bcde	-6.4gh	-7.0de
	0.15	-7.2bcde	-7.5de	-8.3h	-5.5cde
	0.6	-8.3cde	-8.2e	-4.4fgh	-8.0e
	1.0	-8.7de	-6.6cde	-5.5fgh	-7.7e
7	Control	-2.5ab	-0.9ab	3.3cde	8.1a
	0.15	-5.5abcde	-4.9bcde	2.95cde	2.6ab
	0.6	-3.8abcd	-5.1bcde	-1.2dfg	-1.1bcd
	1.0	-7.5bcde	-4.4abcde	0.7cdf	0.3bc
13	Control	-3.3ab	0.8a	10.b	10.4a
	0.15	-3.5abc	-2.0abc	8.3be	7.9a
	0.6	-3.4abc	-5.95bcde	5.7bce	2.4ab
	1.0	-6.4abcde	-5.8bcde	3.0cde	3.6ab
19	Control	-4.3abcde	2.2abcd		
	0.15	0.2a	-4.4abcde		
	0.6	-5.4abcde	-6.3bcde	-3.2dfgh	
	1.0	-5.0abcde	-4.6abcde		

Anexo 10. Cambios de calidad visual externa e interna de diferentes variedades de mango en dos estados de madurez ($\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$) e irradiados a diferentes dosis y almacenados a 10 y 20°C. (Datos en CD)





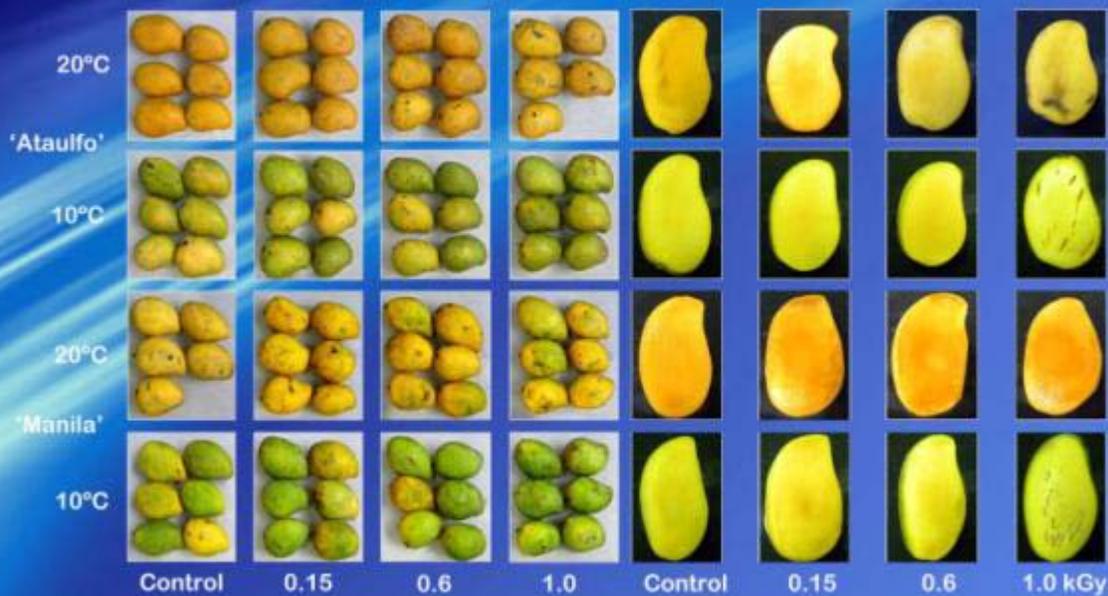
Calidad Visual de Mangos Irradiados Durante el Almacenamiento. Madurez inicial 1/4 (50% color amarillo en pulpa)



Nota: Frutos almacenados durante 19 días a 10°C y 20°C



Calidad Visual de Mangos Irradiados Durante el Almacenamiento. Madurez inicial 1/4 (50% color amarillo en pulpa)



Nota: Frutos almacenados durante 19 días a 10°C y 20°C, mango 'Manila' a 20°C almacenado por 13 días.



Calidad Visual de Mangos Irradiados Durante el Almacenamiento. Madurez 3/4 (maduro firme 100% color amarillo en pulpa)



Nota: Frutos almacenados durante 19 días a 10°C y 20°C



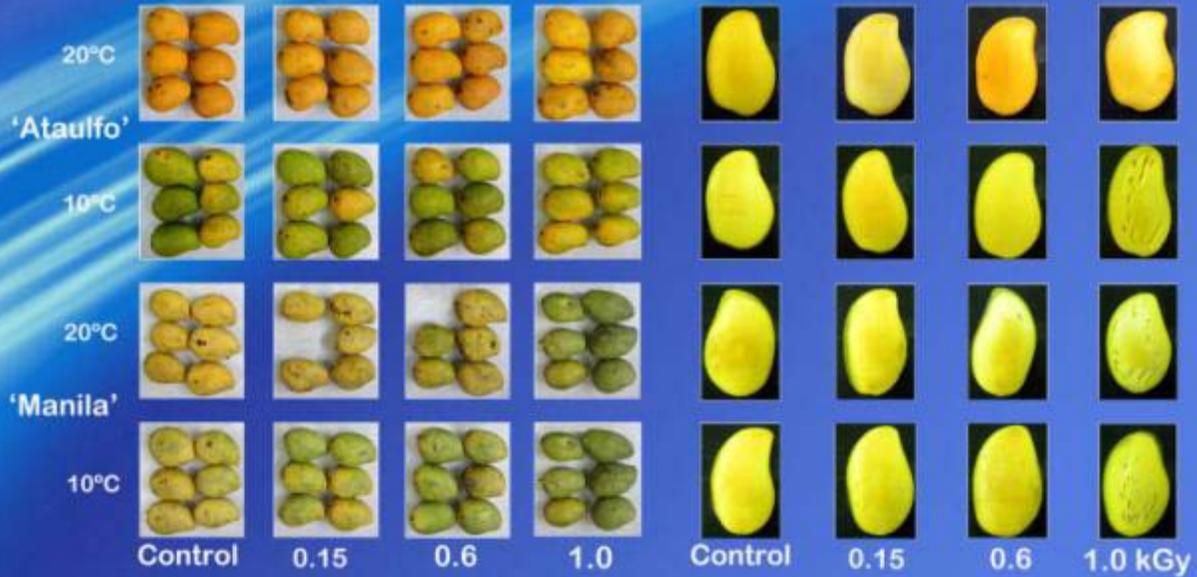
Calidad Visual de Mangos Irradiados Durante el Almacenamiento. Madurez 3/4 (maduro firme 100% color amarillo en pulpa)



Nota: Frutos almacenados durante 19 días a 10°C y 20°C



Calidad Visual de Mangos Irradiados Durante el Almacenamiento. Madurez 3/4 (maduro firme 100% color amarillo en pulpa)



Nota: Frutos almacenados durante 19 días a 10°C y 20°C

Anexo 11. Cuadro resumen del efecto de la irradiación gamma en la calidad visual y fisicoquímica de 6 variedades de mango producidas en distintas regiones de México, cosechadas en dos estados de madurez, irradiadas a diferentes dosis y almacenadas a 10 y 20°C.

Variedad	Mad/Temp	Calidad Visual Externa				Firmeza				Ácido Ascórbico				Acidez			
		0.0	0.15	0.60	1.00	0.0	0.15	0.60	1.00	0.0	0.15	0.60	1.00	0.0	0.15	0.60	1.00
	Dosis ---																
Tommy Atkins	¼ (10)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	EN	EN	SE	SE	EN	EN	SE	SE	EN	EN
	¼ (20)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	EN	EN	SE	SE	EN	EN	SE	SE	EN	EN
	¾ (20)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
Haden	¼ (10)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¼ (20)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (20)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
Kent	¼ (10)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE
	¼ (20)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE
	¾ (20)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE
Keitt	¼ (10)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¼ (20)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	EN	EN	SE	EP	EP	EP	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	EN
	¾ (20)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	EN	EN	SE	EN	EN	EN
Ataulfo	¼ (10)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE
	¼ (20)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE
	¾ (20)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
Manila	¼ (10)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE
	¼ (20)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE
	¾ (20)	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE

Variedad	Mad/Temp	Pérdida de peso				Sólidos solubles				Color Pulpa				Color piel			
		0.0	0.15	0.60	1.00	0.0	0.15	0.60	1.00	0.0	0.15	0.60	1.00	0.0	0.15	0.60	1.00
	Dosis ---														0.15		
Tommy Atkins	¼ (10)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¼ (20)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (20)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
Haden	¼ (10)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¼ (20)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (20)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
Kent	¼ (10)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE
	¼ (20)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (20)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
Keitt	¼ (10)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	EN	EN	EN	SE	SE	SE	SE
	¼ (20)	SE	EN	EN	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (20)	SE	EN	EN	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	EN	EN	SE	SE	SE	SE
Ataulfo	¼ (10)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN
	¼ (20)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	¾ (10)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN
	¾ (20)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE
Manila	¼ (10)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN
	¼ (20)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	ES	SE	SE	SE	EN	EN
	¾ (10)	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN	SE	SE	SE	EN
	¾ (20)	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	EN	EN

SE, sin efecto; EN, efecto negativo; EP, efecto positivo