

TRATAMIENTOS CUARENTENARIOS EN CÍTRICOS



**Aina Benavent Giménez
Amalia I. Cano Embuena
Esther Domínguez Romero**

ÍNDICE

1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Definición de tratamiento cuarentenario	2
4. Tratamientos químicos y sus aplicaciones en cítricos	3
5. Tratamientos térmicos y sus aplicaciones en cítricos	5
6. Tratamientos con irradiación y sus aplicaciones en cítricos	8
7. Tratamientos con atmósferas controladas y sus aplicaciones en cítricos	9
8. Conclusiones	12
9. Bibliografía	13
Anexos de tablas	16

RESUMEN

Los tratamientos cuarentenarios son procedimientos que se aplican en los países exportadores de productos vegetales. Estos tratamientos se llevan a cabo para disminuir el peligro de diseminación de plagas y enfermedades a los países importadores.

En el caso de los cítricos hay una amplia gama de tratamientos cuarentenarios que nos van a asegurar un mayor grado de protección en el producto, como son los tratamientos químicos, térmicos, las irradiaciones y atmósferas controladas.

Los tratamientos químicos en cítricos se basan principalmente en la aplicación de fungicidas. Debido a la cantidad de residuo que queda retenido en el producto, estos procedimientos químicos están siendo sustituidos por otros tratamientos.

En los cítricos se aplican tanto altas como bajas temperaturas. El empleo de estos tratamientos se lleva a cabo por agua, aire o radiación.

La irradiación es una técnica que involucra exponer los alimentos a cantidades controladas de radiación para lograr los objetivos perseguidos como tratamiento cuarentenario. Actualmente, este procedimiento está cobrando mayor importancia en el sector frutícola.

La atmósfera controlada es una técnica que supone el cambio de la atmósfera del aire que rodea a los alimentos con una composición distinta a la del aire normal. Generalmente se reduce el contenido de oxígeno y se aumenta el contenido de CO₂.

1.INTRODUCCIÓN

La disponibilidad a escala mundial de frutas y hortalizas frescas y productos preparados a partir de estas aumenta debido a la existencia de especies y cultivares (variedades) prologándose la existencia de frutas y hortalizas en el mercado.

Los cambios bioquímicos que se registran durante la maduración en un cultivo, varían sólo dentro de los estrechos límites en cualquier parte del mundo. Sin embargo, en una fruta dada, las técnicas de preparación varían enormemente con el tipo del mismo, la escala de la industria que interviene y el estado presente de la economía local. Lo que es óptimo en Florida, puede resultar desastroso en Indonesia. Un sistema ideal para la India estará lejos de serlo en España. Además, en estos tiempos de cambios acelerados, cualquier sistema es sólo temporal. Todos los planes para la comercialización y la utilización de frutas deben prever su desarrollo continuo con cambios en las variedades preferidas, demandas del mercado, precios, disponibilidad de mano de obra, transportación y el estado de la economía local.

El enfoque inteligente es buscar los principios básicos que no sólo indiquen el método que debe usarse hoy, sino que también asegure los cambios que de manera inevitable serán necesarios para enfrentarse al mundo de mañana y al día siguiente. Los métodos son transitorios, los principios invariables.

El sector frutícola mundial comprende la producción, comercialización e industrialización de cítricos, bananas, frutas tropicales, frutas finas, frutas de hueso y frutales de pepita.

La producción mundial de frutas es liderada por los cítricos, con 93,5 millones de toneladas, (Tabla 1, anexo tablas). Desde comienzos de la década de los ochenta, Sudamérica es la primera productora, siendo Brasil el productor que ocupa el lugar de privilegio. Así mismo, el 45% de lo producido, es consumido o tiene destino hacia la industria. Los especialistas consideran que en la actualidad es un mercado saturado por la oferta y que solo puede repuntar en los países del Este.

2. DEFINICIÓN DE TRATAMIENTO CUARENTENARIO

Santaballa y col. (2001), definen los tratamientos de cuarentena como aquellos que los países importadores de productos vegetales o plantas establecen en su legislación, obligando a que los países exportadores los apliquen en aquellos productos que puedan estar infestados por plagas cuya introducción quieran evitar.

Para que un tratamiento cuarentenario sea aceptado como tal, Burditt (1982) establece que debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe ser efectivo contra la plaga que desea eliminar en el fruto u hortaliza.
- No debe tener efectos perjudiciales en la calidad, almacenamiento o composición del producto tratado.
- El producto no debe dejar residuo alguno que pueda resultar peligroso para el consumidor, entendiendo como residuo algún fitosanitario y también los productos resultantes de reacciones químicas que puedan ocurrir a causa del tratamiento.

- La ejecución del tratamiento no debe ser peligrosa para el personal que la aplique.
- Fácil realización, minimizando el tiempo y costo del proceso pudiendo integrarse en la actividad del almacén y/o transporte.

Actualmente se dispone de una amplia gama de técnicas para realizar los tratamientos cuarentenarios, para el caso de los cítricos según:

- Tratamientos químicos
- Tratamientos térmicos
- Irradiaciones
- Atmósferas controladas

3. TRATAMIENTOS QUÍMICOS Y SUS APLICACIONES EN CÍTRICOS

Los productos químicos que han sido utilizados en los tratamientos cuarentenarios son principalmente fumigantes como: dibromuro de etileno (EDB), bromuro de metilo (MB), ácido cianhídrico (HCN), sulfuro de carbono, fosfina (PH₃) y otros gases (Harvey, 1989).

Los primeros fumigantes empleados fueron los de sulfuro de carbono y el ácido cianhídrico que por ser muy inflamable el primero y muy tóxico el segundo en la actualidad ya no se emplean, a pesar de la efectividad de ambos. La fosfina es escasamente usada en productos frescos debido a que requiere un largo tiempo de exposición para producir efecto letal en los insectos, pero es muy usada en frutos secos y cereales (Harvey, 1989).

El dibromuro de etileno (EDB) fue utilizado como tratamiento contra moscas de la fruta durante treinta años. El bromuro de metilo puede ser cancerígeno por lo que esta prohibido desde 1984, pero combinándolo con tratamientos por frío a muy bajas concentraciones puede resultar menos dañino que la fumigación sola (Mitchell y Kander, 1992). Aún así, el uso de bromuro de metilo se encuentra en revisión mundial y su uso con fines cuarentenarios esta entredicho, a partir de 2005 por tratarse ésta de una sustancia perjudicial para la capa de ozono.

Mario Schirra y col. (2005) estudiaron el efecto de la temperatura y concentración en los tratamientos poscosecha con fludioxonil para el control del deterioro en cítricos causado por *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum*, teniendo en cuenta los residuos retenidos, la persistencia y el rendimiento en el almacenamiento de cítricos tratados con FLU.

Según los resultados obtenidos la temperatura empleada en el tratamiento va a influir en los cambios ultra estructurales producidos en la cera de la fruta, ya que, cuando se empleó una temperatura en agua de 30-40°C no causó notables diferencias en la cera cuticular, por el contrario con el tratamiento a 50 -55 -60°C causó la desaparición total de la cera. Los residuos retenidos por la fruta se determinan en función de la concentración de fungicida, de la temperatura de inmersión y de las condiciones de almacenamiento. En frutas tratadas a 50°C empleando la misma cantidad de fungicida, los niveles de residuos eran notablemente superiores a los obtenidos en frutas tratadas a 20°C, ya que, la tasa de disipación de FLU es menor a 50°C. En cambio, cuando se

aplica FLU a 50°C tiene mayor persistencia. Con los resultados obtenidos se concluyó que las concentraciones mínimas de fludioxonil que se deben emplear para conseguir una desintegración casi completa durante 7 días de almacenamiento es de 400mg/L de ingrediente activo en frutas tratadas a 20°C y de 100mg/L de ingrediente activo en frutas tratadas a 50°C, ya que, de este forma se consigue una descomposición de aproximadamente 0.8mg/kg que es notablemente más bajo que el límite máximo de residuos (10mg/kg). La eficacia de FLU en el control de cítricos dañados aumenta con la concentración de fungicida y con la temperatura, siendo más eficaz a 50°C que a temperatura ambiente debido al efecto sinérgico de calor, al aumento en la captación de ingrediente activo y a la difusión de ingrediente activo en la cera cuticular, consiguiendo una disminución en el nivel de porcentaje de fruta podrida.

Con todo esto Mario Schirra y col. (2005) concluyeron que FLU aplicado a 50°C es eficaz en el control del moho verde y azul de los cítricos y esto puede representar una opción útil en la reducción de las pérdidas poscosecha en los cítricos.

Mario Schirra y col (2006) estudiaron la efectividad del tratamiento de inmersión con un fungicida inhibidor trifloxystrobin (TFX) o imazalil (IMZ) después de los tratamientos poscosecha para el control de hongos verdes y azules (causados por *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum*, respectivamente) en cítricos, teniendo en cuenta los residuos acumulados en la fruta.

Los residuos encontrados en la fruta se determinaron en función del tiempo de tratamiento, de la temperatura de inmersión y de las condiciones de almacenamiento. Según los resultados obtenidos, a mayor temperatura empleada en el tratamiento con TFX el fruto retiene mayor cantidad de residuo, ya que, después del tratamiento con TFX a 50°C, los residuos de fungicida fueron aproximadamente dos veces mayor que a 20°C, es decir, que los residuos de TFX se correlacionan significativamente con la temperatura de inmersión. Por otro lado, la deposición de fungicida obtenida en los frutos cuando fueron tratados con TFX a 20°C aumenta con el tiempo de tratamiento, en cambio, a 50°C los residuos obtenidos fueron independientes del tiempo de inmersión. Los experimentos hechos con cítricos inoculados artificialmente con *P. digitatum* y *P. italicum* dieron como resultado que el tratamiento con 200-600 mg/L de TFX a 20°C fueron menos efectivos que con 100 mg/L de TFX a 50°C, con lo que a mayor temperatura mayor eficacia. En cambio, los tratamientos fungicidas con IMZ fueron más efectivos que con TFX, ya que, tratamientos con 200 mg/L de IMZ a 20°C o 25mg/L a 50°C consiguieron una reducción mayor del 98% en *P. digitatum* y del 93% en *P. italicum*.

Amadeo Palma y col. (2006) llegaron a la conclusión de que en el control de *Penicillium* a escala comercial el mejor fungicida es IMZ por su alta eficacia y su amplia aplicación. No obstante, como consecuencia de la aparición de poblaciones de patógenos resistentes, el fungicida TFX puede ser una opción para el control efectivo de los hongos verdes y azules en los cítricos.

4. TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y SUS APLICACIONES EN CÍTRICOS

Los tratamientos térmicos que se aplican se basan en el uso de agua caliente, vapor y la utilización de frío.

La efectividad del agua caliente se basa principalmente en la buena capacidad de conducción del calor que tiene el agua (Paull, 1994), no obstante en cítricos causa graves alteraciones del sabor y provoca daños severos en la piel (Millar y col., 1998)

Schirra y col. (2003) compararon las lesiones sufridas por naranjas sanguinas sometidas a diferentes tratamientos cuarentenarios. Se comparó un tratamiento cuarentenario comercial (1°C, 90-95% de humedad relativa durante 16 días, a continuación tres semanas a 8°C y por último la simulación del periodo de comercialización de una semana a 20°C con un 80% de humedad relativa), un tratamiento con inmersión en agua caliente (50°C, 3 minutos y a continuación 5 horas de secado) y un tratamiento con aire caliente (37°C, 48 horas con una humedad relativa del 95%). Respecto a la apariencia externa, el estudio mostró que las naranjas sometidas al tratamiento comercial y a la inmersión en agua caliente continuaban con apariencia fresca, mientras que las sometidas al tratamiento por aire caliente tenían una apariencia vieja y sin brillo. Otra conclusión del estudio fue que en los tratamientos por inmersión en agua caliente y por aire caliente se producían menos lesiones, pero en cambio la pérdida de peso era mayor. Por otra parte, la inmersión en agua caliente no afectó a la calidad interna de la fruta mientras que en el tratamiento por aire caliente se incrementó el índice de madurez por la disminución del contenido en ácidos. Por lo que respecta al sabor, por una parte las naranjas sometidas a la inmersión en agua caliente y al tratamiento comercial mantenían el sabor característico pero las naranjas sanguinas sometidas a tratamiento con aire caliente presentaban un deterioro del sabor, (Tabla 2, anexo tablas). De todo esto se extrae que el tratamiento con agua caliente es el que mejor mantiene las características organolépticas de las naranjas sanguinas.

Aung y col. (1998) estudiaron la influencia de los tratamientos térmicos en el contenido de sólidos solubles en el flavedo del limón. En este estudio, se han considerado dos condiciones. La primera consistió en someter limones a 15°C con una humedad relativa del 85% durante 3, 6 y 9 días. Por otra parte, se sometieron limones en agua caliente a 55°C durante 5 minutos. Los sólidos analizados fueron la refinosa, glucosa, fructosa y sacarosa. La muestra sometida a 15°C mostró que a los 3 y 6 días el contenido en refinosa había aumentado; a partir del sexto día el contenido en sacarosa disminuyó mientras que el porcentaje de glucosa y fructosa no variaba. Por otra parte, la muestra sometida a 55°C aumentaba el contenido en sacarosa pero el de los otros sólidos solubles no variaba. (Tabla 3, anexo tablas). Debido a estas variaciones se cuestiona la probable implicación de los azúcares solubles del flavedo del limón en el estrés moderado y en la protección de las membranas celulares frente a las temperaturas extremas y la desecación.

Walter y Raymond (2000) estudiaron los baños de inmersión en agua caliente y los recubrimientos insecticidas como tratamientos cuarentenarios para las cochinillas de las limas ya que tenían la hipótesis de que ambos podrían encajar como un tratamiento rápido en la línea de embalaje.

Esta investigación dio como resultado que a 49°C (temperatura del agua) y tiempos muy cortos se mataban plagas de insectos externos, pero en las limas los insectos duraron

más tiempo del que pudo ser precedido, esto se debía a que el agua no penetra debajo del cáliz de algunas frutas (entre ellas la lima) por lo que el calentamiento de esta zona es indirecto y en consecuencia más lento.

Por otra parte, consideraron que el tiempo de tratamiento de 20 minutos es muy conservativo y se basa en la predicción teórica de supervivencia si son tratados numerosos insectos. Demostraron que tratamientos mayores a 15 minutos son innecesarios, pero si se trata a 20 minutos se da un factor satisfactorio añadido sin afectar a la calidad de la fruta.

Con lo que respecta a los recubrimientos, se obtuvieron resultados de grandes porcentajes, 94%, de cochinillas muertas, pero esto es insuficiente para tener una prevención segura.

Como conclusión se obtuvo que en el tratamiento con agua caliente el cáliz de las limas proporciona protección a la cochinilla e impidió un tratamiento con mejor resultado. Si el recubrimiento y la inmersión se aplican como tratamiento poscosecha antes del envío, se reducirá el número de plagas y como consecuencia sería menos probable que los inspectores pudieran encontrar plagas en el lugar de destino, pero no proporcionarían seguridad cuarentenaria.

Birla y col. (2005) estudiaron la influencia de diferentes tratamientos en agua caliente calentada por radiofrecuencia en la calidad de naranjas “Navel” y “Valencia” y el efecto contra la mosca mediterránea de la fruta.

Antes de ser utilizadas las frutas para el tratamiento térmico las naranjas se mantuvieron a 4°C y poco antes del tratamiento térmico se llevaron hasta temperatura ambiente para uniformar temperaturas. Se establecieron tres condiciones de tiempo y temperatura además de una naranja control que no sufría tratamiento térmico.

- a. 48°C durante 15 minutos. Después también se evaluó en 10 y 20 minutos.
- b. 50°C durante 4 minutos. A continuación también se comprobó el efecto a 2 y 6 minutos.
- c. 52°C durante 1 minuto. Luego también se analizó en 0 y 2 minutos de tratamiento.

Se analizó la pérdida de peso, la firmeza, el color de la piel, los sólidos solubles, las observaciones visuales y el sabor para cada variedad, (Tabla 4, anexo tablas).

Este estudio concluyó que el mejor tratamiento era el de 48°C durante 15 minutos ya que en este tratamiento las naranjas no perdían firmeza respecto a las naranjas control, mientras que en otras condiciones de tiempo temperatura si que se apreciaba una pérdida significativa. Además, tampoco se observó ningún cambio en la coloración de la piel mientras que en temperaturas superiores si que se observaba una variación. Como en las otras condiciones de temperatura, tampoco aparecieron variaciones importantes en el contenido de ácidos y sólidos solubles.

La utilización de frío como herramienta de conservación de frutas y hortalizas está ampliamente extendida por el mundo (De la Plaza, 1987), además Martínez-Jávega (1997) indica que la conservación frigorífica, bien llevada a cabo, puede ralentizar los complejos procesos que llevan al envejecimiento del fruto, por tanto, la aplicación de frío es la principal técnica utilizada en la conservación de cítricos.

Esta tecnología es también muy importante en el control de plagas cuarentenarias. Este tratamiento es especialmente usado para el control de la mosca de la fruta.

Biolatto y col. (2004) estudiaron los efectos de las condiciones comerciales de almacenaje y de los tratamientos cuarentenarios por frío en la calidad de pomelo "Rouge La Toma". Para ello aplicaron seis tratamientos, con dos muestras para cada tratamiento. En la primera muestra se analizaban los desordenes fisiológicos y en la segunda en contenido en acetaldehído, etanol, D-limonina y se evaluaron las características sensoriales. Los diferentes tratamientos aplicados variaron las condiciones de temperatura y tiempo para el almacenamiento anterior y posterior al tratamiento de cuarentena. En el almacenaje posterior a la cuarentena, se sometían los pomelos a temperaturas superiores a las de cuarentena. Además, a dos muestras, consideradas como muestras control, no se les sometió a tratamiento de cuarentena.

Al final de cada tratamiento, con la finalidad de simular el período de comercialización, se someten los pomelos a 20°C a un 85% de humedad relativa durante 7 días.

Al final del simulado periodo de comercialización en ninguna de las condiciones aparecían heridas en las frutas.

Entre los tratamientos que incluían tratamiento cuarentenario no se apreciaban diferencias en la concentración de acetaldehído y etanol pero si que eran significativas en las muestras control. No obstante, las frutas sujetas a condiciones de temperatura en el almacenamiento inicial presentaban un mayor nivel en acetaldehídos respecto las que no estaban sujetas a estas condiciones y respecto a las frutas de control.

Por otra parte, no se encontraron diferencias en el contenido de D-limonina entre frutas sometidas a las mismas condiciones de temperatura pero en las frutas de control se observó que tenían mucha más cantidad de éste componente que las frutas sometidas a temperaturas frías. No obstante, cabe remarcar que el contenido en D-limonina aumenta desde el principio del tratamiento hasta el final del período de comercialización en todos los tratamientos, siendo más pronunciada la diferencia en las frutas de control.

Cabe destacar que, en general, después del simulado periodo de comercialización no se apreciaban cambios significativos en la intensidad del sabor dulce, amargo o ácido del pomelo, es decir, en el sabor característico de ésta fruta.

Este estudio mostró que los tratamientos por frío son un buen método de cuarentena para matar huevos de larva en pomelo y por esto es aplicado para importar cítricos a muchos países. Mientras que la aplicación de frío puede ser problemática en cítricos susceptibles a daño por frío, la aplicación de un tratamiento por calor después de la desinfección por frío puede hacer superar el riesgo potencial de daños por frío después del tratamiento cuarentenario y sin verse afectada la calidad de la fruta.

5. TRATAMIENTOS CON IRRADIACIÓN Y SUS APLICACIONES EN CÍTRICOS.

Los estudios del empleo de esta técnica se vienen realizando desde los años 50 y su incorporación comercial en la conservación de frutas, hortalizas y alimentos en general cobra cada vez mayor importancia, así como el uso como medida cuarentenaria.

La irradiación de alimentos es un método físico de conservación, comparable a otros que utilizan el calor o el frío. Consiste en exponer el producto a la acción de las radiaciones durante un cierto lapso de tiempo, que es proporcional a la cantidad de energía que deseamos que el alimento absorba. Esta cantidad de energía por unidad de masa de producto se define como dosis, y su unidad es el Gray (Gy), que es la absorción de un Joule de energía por kilo de masa irradiada, (1000 Grays = 1 kiloGray).

La efectividad de este tratamiento depende de la dosis necesaria para matar a los insectos y a la vez no dañar al producto ni dejar residuos, con las máquinas aceleradoras de electrones no se genera ningún tipo de residuo.

Se utiliza actualmente 4 fuentes de energía ionizante:
Rayos gamma provenientes de Cobalto radioactivo ^{60}Co
Rayos gamma provenientes de Cesio radioactivo ^{137}Cs
Rayos X, de energía no mayor de 5 megaelectron-Volt (MeV)
Electrones acelerados, de energía no mayor de 10MeV

En cítricos el método de radiación con rayos gamma a dosis menores o iguales a 1,0 kGy fue aprobado en EE.UU en 1986 por la Food and Drug Administration (U.S. Food and Drug Administration, 1986).

Como explica Hallman (1999) los cítricos son tratados con bromuro de metilo y posteriormente almacenados en frío como tratamiento cuarentenario, este tratamiento resulta inaceptable en la demanda de las frutas, de echo el bromuro de metilo no se encontrará disponible en el futuro. Por todo esto se buscan nuevas alternativas.

La irradiación podría ser una alternativa viable, sin embargo, los cítricos son menos tolerantes a la irradiación que muchos otros frutos, (Tabla 5, anexo tablas).

Estudios realizados en Florida (Miller y col, 2000) para diferentes cultivos de naranjas y mandarinas híbridas sometidas a bajas dosis de irradiación dieron diversos resultados dependiendo de la variedad. Los cultivos de naranja estudiados fueron: "Ambersweet", "Hamlin", "Navel", "Pineapple" y "Valencia", los de mandarinas híbridas fueron: "Fallglo", "Minneola", "Murcott", "Sunburst" y "Temple".

La mínima dosis requerida para tratamientos cuarentenarios contra la larva de la mosca de la fruta del Caribe es de 0,15KGy, aunque "Ambersweet", "Valencia", "Minneola" y "Murcott" demostraron buena tolerancia a las picaduras a altas dosis de irradiación (0,58LGy). Por el contrario, "Hamlin", "Navel", "Pineapple", "Fallglo", "Sunburst" y "Temple" no dieron un resultado correcto para la posterior comercialización del producto fresco, ni si quiera absorbiendo la dosis mínima, 0,15KGy, (Tabla 6, anexo tablas).

Por otra parte se estudió el porcentaje de picaduras en la piel a diferentes dosis absorbidas. Para altas dosis se vio que “Hamlin” y “Navel” estaban dañadas por picaduras, solo “Ambersweet” y “Valencia” podrían ser comercializadas ya que el porcentaje en picaduras en la piel era mínimo. “Minneola” y “Murcott” no fueron afectadas por la irradiación hasta 0,45K Gy. “Sunburst”, “Fallglo” y “Temple” no fueron tolerantes a radiaciones de 3K Gy, pero la menos tolerante de todos los cultivos analizados fue “Sunburst”.

Otro factor de calidad estudiado fue el sabor del zumo. A grandes dosis absorbidas “Hamlin”, “Navel” y “Valencia” redujeron la calidad del sabor, sin embargo “Minneola” y “Murcott” fueron menos afectadas.

La conclusión que Millar y col (2000), extrajeron de esta investigación fue que tanto mínimas como máximas dosis de irradiación para el tratamiento de cuarentena de la larva de la mosca de la fruta podrían herir algunos cultivos de cítricos. Si este tratamiento es el elegido por productores de cítricos se necesitarán nuevas investigaciones sobre la utilización de un tratamiento térmico antes de la irradiación para los cultivos que no toleran las dosis necesarias de irradiación.

Otro estudio realizado (Hallman y Rene, 2001) para determinar la menor dosis requerida en pomelo para proporcionar la seguridad cuarentenaria de la mosca de la fruta mejicana en el tercer estadio consistió en trabajar con dosis bajas de radiación gamma como tratamiento cuarentenario contra la mosca de la fruta mexicana, *Anastrepha ludens* (Loew) en cítricos.

La medida de la eficacia del tratamiento es la prevención de la aparición de adultos de terceros estadios que fueron criados y tratados en pomelos. En función del nivel de seguridad a solicitud de cuarentena, la mínima dosis absorbida sería de 58 o 69 Gy.

Cuando este tratamiento es aplicado a escala comercial cabe esperar que en una carga recibida, la fruta esté irradiada con el triple de la dosis mínima necesaria para la eficacia del tratamiento.

Con respecto a varios parámetros de calidad: contenido en sólidos solubles, acidez, apariencia y la calidad organoléptica. No se vieron afectados en comparación con las frutas tratadas a otras dosis de hasta 500 Gy.

6. TRATAMIENTOS CON ATMÓSFERAS CONTROLADAS Y SUS APLICACIONES EN CÍTRICOS.

La atmósfera controlada es una técnica frigorífica de conservación en la que se interviene modificando la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara en frigoconservación, en la que se realiza un control de regulación de las variables físicas del ambiente (temperatura, humedad y circulación del aire).

Se entiende como atmósfera controlada (AC) la conservación de un producto hortofrutícola, generalmente, en una atmósfera empobrecida en oxígeno (O₂) y

enriquecida en carbónico (CO₂). En este caso, la composición del aire se ajusta de forma precisa a los requerimientos del producto envasado, manteniéndose constante durante todo el proceso, (Tabla 7, anexo tablas).

Además de su utilización como complemento en la frigoconservación de productos vegetales, la atmósfera controlada puede ser una buena técnica de cuarentena como se ha comprobado en cereales y frutos secos (Ripp y col., 1984). Las variables que afectan a la eficacia del uso de atmósferas controladas incluyen la composición de la atmósfera, la temperatura, la humedad, el tiempo de exposición, la especie y el estado de desarrollo del insecto (Soderstrom y col., 1990).

Miquel Alonso y col. (2004) investigaron sobre el uso de un tratamiento de dióxido de carbono como complemento al tratamiento de desinfección en frío de cuarentena en el tratamiento contra "*Ceratitis capitata*" en la mandarina "Fortune".

Con el empleo de dióxido de carbono a 25 y 20°C antes del tratamiento se consiguió reducir el tiempo necesario para conseguir una mortalidad completa de los terceros estadios de las larvas de *C. Capitata*. Aunque se esperaba que se produjera una mayor mortalidad a 20°C que a 25°C, los resultados mostraron lo contrario, ya que, la exposición a 20°C presenta un mayor estrés experimentado por las larvas. De los diez parámetros analizados solo dos no se vieron afectados significativamente por las emisiones de dióxido de carbono, para el resto las diferencias fueron mínimas, aunque estadísticamente significativas. En el caso del rendimiento de jugo fue siempre superior al 33% establecido por la Unión Europea para el comercio de cítricos. El tratamiento con CO₂ no tuvo efectos perjudiciales sobre la firmeza, ya que, cortos períodos de exposición no son dañinos para los cítricos. Frutas expuestas a altas emisiones de dióxido de carbono y bajo contenido de oxígeno va a estimular la acumulación de etanol, acetaldehído y otros compuestos volátiles, pero esto no afectará a la aceptación del fruto por parte del consumidor. En general, con este tratamiento previo no se produjo ningún trastorno en la apariencia externa (color y textura de la piel) ni en las características organolépticas del fruto.

Miquel Alonso y col. (2004) concluyeron que un tratamiento previo de dióxido de carbono podría ser útil, ya que, podría reducir el tiempo de normalización de cuarentena y/o proporcionar una medida de seguridad adicional.

Durante la manipulación postcosecha de cítricos pueden estar expuestos a diversas condiciones anaeróbicas, que pueden producirse, durante los tratamientos de cuarentena, debido a la falta de ventilación en los contenedores y salas de almacenamiento, por la aplicación de ceras que restringen el intercambio de gas a través de la piel, etc.

Jian-xin-shi y col, (2005) estudiaron las respuestas fisiológicas de las mandarinas "Murcott" y pomelos "Star Ruby" expuestos a condiciones anaeróbicas con atmósferas de N₂ para diferentes períodos de tiempo a 20°C.

Debido a que las mandarinas son mucho más sensibles a la exposición anaeróbica, respondieron más rápidamente y en mayor medida que los pomelos, aumentando sus tasas de respiración poco después de las 6h de exposición a N₂, mientras que el pomelo después de 24h. Como consecuencia a este aumento en la tasa de respiración se observó un aumento en las concentraciones de CO₂, en el caso de las mandarinas a las 6h y en el

pomelo después de 48h de exposición. También se observó un aumento significativo en los niveles de etanol y acetaldehído, en las mandarinas a las 12-6h y en pomelos después de 24h de exposición. Por otra parte, encontramos que las mandarinas también respondieron al tratamiento con N₂ aumentando la producción de la hormona del estrés de etileno, mientras que no se detectó similar aumento en pomelo. Por último, se observó que el sabor de las mandarinas se deterioró notablemente tras la exposición a las condiciones anaeróbicas y se calificó como inaceptable después de 48h en la atmósfera de N₂, en el caso del pomelo se detectó un ligero deterioro siendo aceptable incluso después de 72h., (Tabla 8, anexo tablas).

Ron Porat y col (2005), llegaron a la conclusión de que las mandarinas “Murcott” son mucho más sensibles a la exposición anaeróbica con atmósfera de N₂ que los pomelos “Star Ruby”, y que esta elevada sensibilidad en las mandarinas puede ser en parte responsable de la rápida disminución en su comercialización y calidad en poscosecha.

8. CONCLUSIONES

Con todo lo visto hasta el momento se puede decir que en la comercialización de cítricos es necesario el empleo o la utilización de tratamientos cuarentenarios.

Para el control del deterioro en cítricos causado por *Penicillium* (hongo más difundido en cítricos) los fungicidas más eficaces son Fludioxonil (FLU), Imazalil (IMZ) por la reducción de las pérdidas en poscosecha y por la menor cantidad de residuos retenidos. Debido a la aparición de patógenos resistentes a estos fungicidas, el fungicida Trifloxystrobin (TFX) puede ser una alternativa posible.

Una alternativa viable a los tratamientos químicos que tienden a desaparecer, es la irradiación, sin embargo, los cítricos son menos tolerantes que otros productos a la radiación. La efectividad en esta técnica va a depender de la dosis empleada, del tiempo de irradiación y del fruto a tratar, ya que, ha habido cultivos de cítricos que han aceptado tanto altas como bajas dosis de irradiación, pero por el contrario, para otros cultivos no ha sido eficaz y además ha causado daños en el fruto.

El empleo de atmósferas controladas está influenciado por diversos factores como la temperatura, la humedad, el tiempo de exposición, etc. Un tratamiento previo de dióxido de carbono puede ser útil para reducir el tiempo de normalización de cuarentena y además nos aporta una medida de seguridad.

Por último, en los tratamientos térmicos podemos diferenciar dos tipos los que emplean altas temperaturas y los que emplean bajas temperaturas.

En el primer caso se encuentran los tratamientos por aire caliente que no son efectivos, ya que causan lesiones en los cítricos. Por otro lado, encontramos la inmersión en agua que no es efectivo, ya que reduce el número de plagas pero no proporciona seguridad cuarentenaria.

La aplicación de frío es importante para el control de plagas cuarentenarias, especialmente la de la mosca de la fruta. Sin embargo, en algunos cítricos que son sensibles al frío no es efectiva.

Como conclusión, cabe destacar que el tratamiento cuarentenario empleado en cítricos por excelencia es la aplicación de frío, y además es utilizado como método de conservación.

9. BIBLIOGRAFIA

ALONSO, M; RIO, M.A. DEL; JACAS, J.A. (2004). **Carbon dioxide diminishes cold tolerance of third instar larvae of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) in 'Fortune' mandarins: implications for citrus quarantine treatments.** *Postharvest-Biology-and-Technology*. 36(1): 103-111.

AUNG,-L-H; OBENLAND,-D-M; HOUCK,-L-G. (1998). **Conditioning and heat treatments influence flavedo soluble sugars of lemon.** *Journal-of-Horticultral-Science-&-Biotechnology*. 73(3): 399-402.

BIOLATTO, A; VAZQUEZ, D.E; SANCHO, A.M; CARDUZA, F.J; PENSEL, N.A. (2005). **Effect of commercial conditioning and cold quarantine storage treatments on fruit quality of Rouge La Toma grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.).** *Postharvest-Biology-and-Technology*. 35(2): 167-176.

BIRLA, S.L; WANG, S; TANG, J; FELLMAN, J.K; MATTINSON, D.S; LURIE, S. (2005). **Quality of oranges as influenced by potential radio frequency heat treatments against Mediterranean fruit flies.** *Postharvest-Biology-and-Technology*. 38(1): 66-79.

BURDITT, A.K. (1982). **Food irradiation as a quarantine treatment of fruits.** *Food Tech*. 36 (11): 51-62.

DE LA PLAZA, J.L. (1989). **Control de alteraciones fisiológicas ante la tecnología del frío y coadyuvantes.** *Fruticultura Profesional* 26: 97-101.

HALLMAN,G.J. (1999). **Ionizing radiation quarantine treatments against tephritid fruit flies.** *Postharvest-Biology-and-Technology*. 16(2): 93-106.

HARVEY, J.M. (1989). **Technologies for quarantine control of insect pest and plant diseases.** I.I.F – I.I.R. Commision C2, California. U.S.A.

HALLMAN, G.J.; RENÉ MARTINEZ, L. (2001). **Ionizing irradiation quarantine treatment against Mexicant fruit fly (Diptera: Tephritidae) in citrus fruits.**

JIAN-XIN-SHI; PORAT, R; GOREN, R; GOLDSCHMIDT, E.E. (2005). **Physiological responses of 'Murcott' mandarins and 'Star Ruby' grapefruit to anaerobic stress conditions and their relation to fruit taste, quality and emission of off-flavour volatiles.** *Postharvest-Biology-and-Technology*. 38(2): 99-105.

MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. (1997). **La frigoconservación en naranjas y mandarinas**. Phytoma España, 90:136-140. Postharvest Biology and Technology. 23(2001): 71-77.

MILLER, W.R.; McDONALD, R.E.; CHAPARRO, J. (2000). **Tolerance of selected orange and mandarin hybrid fruit to low-dose irradiation for quarantine purposes**. HortScience. 35(7):1288-1291.

MITCHEL, F; KADER, A. (1992). **Postharvest Treatments for Insect Control. Postharvest Technology of Horticultural Crops, second Edition**. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources: Publication 331:161-166.

RIPP, B.E.; BANKS, H.J.; BOND,E.J.; CARVERLEY,D.J.; JAY,E.G.; NAVARRO, S. (1984). **Controlled atmosphere and fumigation in grain storages**. Ed. Elsevier, Amsterdam. 217pp.

SANCHEZ PINEDA DE LAS INFANTAS, M. T. (2004). **Procesos de conservación poscosecha de productos vegetales**. Ed. A.M.V Ediciones. Madrid. 290 pp.

SANTABALLA, E; LABORDA, R; BARGUES, L. (2001). **Tratamientos de cuarentena: evolución y supervivencia de la mosca de la frutas *Ceratitidis capitata* (wiedemann) sobre cítricos**. Levante agrícola 358 405-412.

SODERSTROM, E.L.; BRANDL, D.G.; MACKEY, B. (1990). **Responses of Codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae) Life Stages to High Carbon Dioxide or Low Oxygen Atmospheres**. J. Econ. Entomol. 83: 472-475.

SCHIRRA, M; D´AQUINO, S; PALMA, A; MARCEDDU, S; ANGIONI, A; CABRAS, P; SCHERM, B; MIGHELI, Q. (2005). **Residue Level, Persistence, and Storage Performance of Citrus Fruit Treated with Fludioxonil**. Journal of agricultural and food chemistry, 53: 6718-6724.

SCHIRRA, M; MULAS, M; FADDA, A; CAULI,E. (2004). **Cold quarantine responses of blood oranges to postharvest hot water and hot air treatments**. Postharvest-Biology-and-Technology. 31(2): 191-200.

SHIRRA, M; PALMA, A; D´ADQUINO, S; ANGIONI, A; CABRAS, P; MIGHELI, Q. (2006). **Residues of the Quinone Outside Inhibitor Fungicide Trifloxystrobin after Postharvest Dip Treatments To Control *Penicillium* ssp. on Citrus Fruit**. Journal of Food Protection, 69 (7): 1646-1652.

UNIVERSITY OF THE PHILIPPINAS COLLAGE OF AGRICULTURE COLLAGE,
LEGUNA, PHILIPPINAS. (1979). **Fisiología de la postrecolección manejo y
utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales**. Ed. ER. B. Pantastico.
663 pp

WALTER P. GAULD; RAYMOND G. McGUIRE. (2000). **Hot Water Treatment
and Insecticidal Coating for Disinfesting Limes of Mealybugs (Homoptera:
Pseudococcidae)**. 93(3): 1017-1020.

ANEXO DE TABLAS

Tabla 1: Producción mundial de cítricos

Cítricos	Producción (millones de toneladas)
Naranjas	67
Mandarinas	18
Pomelos	10
Limonos	5

Tabla 2. Comparación del efecto de diferentes tratamientos cuarentenarios en naranjas sanguinas.

	Comercial	Agua caliente	Aire caliente
Apariencia	Fresca	Fresca	Vieja
Lesiones	Si	No	No
P. peso	Poca	Significativa	Significativa
Calidad interna	Bueno	Buena	Aumento IM
Sabor	Bueno	Bueno	Deteriorado

Tabla 3. Variación de los azúcares a 15°C y 55°C.

	15°C	55°C
Refinosa	Aumento	Mantenimiento
Glucosa	Mantenimiento	Mantenimiento
Fructosa	Mantenimiento	Mantenimiento
sacarosa	Disminución	Aumento

Tabla 4. Nivel de modificación debida al tratamiento térmico.

	Navel	Valencia
P. peso	Significativa	Moderada
Firmeza	Significativa	Nula
Color piel	Modificación a 50°C >4 min 52°C >1 min	Modificada a 50°C, 6 min
Sólidos solubles	Nula	Nula
Ácidos	Nula	Nula
Olor	Nula	Moderada

Tabla 5. Tolerancia de diferentes frutos a la irradiación

TOLERANCIA RELATIVA A LA IRRADIACIÓN		
ALTA	MODERADA	BAJA
Manzana	Albaricoque	Brócoli
Cereza	Banana	Coliflor
Mango	Chirimoya	Uva
Nectarina	Kumquat	Limón
Papaya	Naranja	Oliva
Albaricoque	Fruta de la pasión	Pimiento
Rambutan	Pera	Pepino
Fresa	Ciruela	Lima
Kaki	Mandarina	Berenjena

Tabla 6. Aceptación de la irradiación en diferentes cultivares de naranja y mandarina

NARANJAS	TOLERANCIA	MANDARINAS HIBRIDAS	TOLERANCIA
Ambersweet	Buena	Fallglo	Mala
Hamlin	Mala	Minneola	Buena
Navel	Mala	Murcott	Buena
Pineapple	Mala	Sunburst	Mala
Valencia	Buena	Temple	Mala

Tabla 7. Recomendaciones sobre las condiciones de atmósfera controlada durante el almacenamiento y/o transporte de algunas frutas tropicales y subtropicales.

PRODUCTO	TEMPERATURA (°C)	% O₂	%CO₂
Aguacate	5-13	2-5	3-10
Plátano	12-15	2-5	2-5
Pomelo	10-15	3-10	5-10
Limón	10-15	5-10	0-10
Lima	10-15	5-10	0-10
Olivo	5-10	2-3	0-1
Naranja	5-10	5-10	0-5
Mango	10-15	3-5	5-10
Papaya	10-15	3-5	5-10
Piña	8-13	2-5	5-10

Tabla 8. Tiempo de aparición (h) de diferentes factores.

	Tiempo de aparición (horas)	
	MANDARINA	POMELO
Tasas respiración	6	24
Concentración CO	6	48
Niveles de etanol y acetaldehído	6	24
Hormona estrés etileno	24	-
Sabor inaceptable	48	-

