

**Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo A.C.**

**EFFECTO DEL METIL JASMONATO EN LAS
RESPUESTAS FISIOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS
DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) ALMACENADA
A BAJAS TEMPERATURAS**

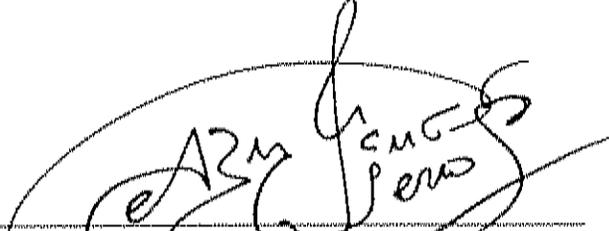
POR

RICARDO ZAVALA GATICA

TESIS AF'FH)BAIJA POH LA
**DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS DE ORIGEN
VEGETAL**
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

APROBACIÓN

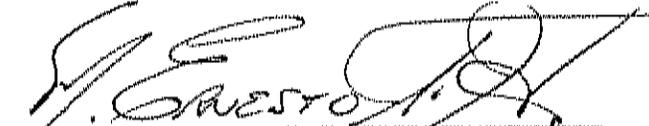
Los miembros del comité designado para revisar la tesis del I. Q. Ricardo Zavaleta Gatica, la han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias.



Dr. Gustavo A. González Aguilar
Director de Tesis

Dr. Reginaldo Báez Sañudo

Dr. Miguel A. Martínez Téllez



Dr. Martín Tiznado Hernández

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD, A.C.), apartado postal 1735, en Hermosillo, Sonora, Mexico. C.P. 83000.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá de dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión, del director o directora de la tesis.



Dr. Alfonso A. Gardea Bejar

Director General

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado durante mis estudios de postgrado.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD. A. C.) por darme la oportunidad de desarrollarme.

A mi asesor, Dr. Gustavo González Aguilar que con su gran ejemplo de entrega a su labor me ayudó todos los días de mi estancia en el CIAD. En verdad es muy especial para mí! Son muchas la palabras que quiero mencionar pero lo resumo en cuatro: Mil gracias por todo.

A los miembros de mi comité de tesis: Dr. Reginaldo Báez Sañudo, Dr. Miguel A. Martínez Téllez y Dr. Martín Tiznado Hernández, por su participación en este proyecto y por los consejos que aun en los pasillos me dieron y sobre todo por su ejemplo y amistad.

Al CIAD, unidad Culiacán por el apoyo brindado en la adquisición de los frutos de guayaba para realizar los experimentos de este trabajo.

Profundamente a los M.C. Reynaldo Cruz y Judith, por su colaboración en el proyecto y por permitirme compartir su natural amistad.

Al M.C. Humberto González por su ayuda incondicional en la aplicación estadística.

Al personal de Docencia y la biblioteca, particularmente al Dr. Juan Pedro Camou, la Dra. Ana María Calderón, Ana Isabel Escobedo, Gerardo Reyna y Luis Conde por sus atenciones y trato amable.

A cada uno de mis compañeros y amigos de generación y de laboratorio de la Dirección de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal! Aprendí mucho de ustedes. Muchas gracias por todos los momentos que compartimos, es grandioso contarlos entre mis amigos. Noemi, con especial agradecimiento por todos los momentos que compartimos, así como todo tu apoyo.

DEDICATORIA

A ti mi **Dios** por la vida que gozo a cada momento y cada instante, ya que en cada paso que doy estas tú a mi lado. Gracias por brindarme parte de tu sabiduría para entender tus enseñanzas y así poder obtener un buen conocimiento. Por la paz y seguridad que me das en todos los momentos difíciles y complejos de mi vida. Mil gracias mi Señor.

Inmensamente a mis padres: **J. Trinidad y Honorina**. A mi Madre por su gran amor y consejos de lucha y a mi Padre porque sigue siendo mi mayor ejemplo de lucha y perseverancia, a ustedes, por el amor y apoyo que siempre nos han brindado en la familia. Les agradezco tanto y con mucho amor.

A mis queridos hermanos: **María, Gabriela, Alejandra y Alejandro** porque con su cariño y apoyo me brindan la fortaleza en los momentos de flaqueza. Los amo!

A **Pepe, Xian y Agustín**, por venir a ser parte de esta familia.

A mis sobrinos: **David, Abigail, Emmanuel**, son los que le dan alegría y amor a mi corazón. Mis bendiciones y apoyo para su futuro.

A mis tíos: **Guillermo y Leovi**, en pocas palabras por su amor y comprensión. Gracias.

CONTENIDO

	Página
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xi
ABREVIATURAS	xiii
RESUMEN.....	1
1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- HIPÓTESIS	5
3.- OBJETIVOS	5
3.1.- Objetivo general.....	5
3.2.- Objetivos particulares	5
4.- ANTECEDENTES	6
4.1.- Problemas postcosecha de frutas tropicales y subtropicales.....	6
4.2.- Producción e importancia nutricional-económica de la guayaba	7
4.2.1.- Desórdenes fisiológicos.....	7
4.2.2.- Deterioro	8
4.2.3.- Daño por frío (DF).....	9
4.3.- Manifestación del daño por frío.....	10
4.4.- Bases bioquímicas y fisiológicas asociadas al estrés de bajas temperaturas	11
4.5.- Prevención de los síntomas de daño por frío.....	13
4.5.1.- Acondicionamiento a bajas temperaturas	13
4.5.2.- Acondicionamiento a altas temperaturas	13
4.5.3.- Atmósferas modificadas (AM) y Atmósferas controladas (AC).....	14
4.6.- Cambios fisiológicos inducidos por los tratamientos empleados para reducir el DF	15
4.7.- Metil jasmonato (MJ).....	16

Contenido

	Página
4.7.1.- Biosíntesis.....	17
4.7.2.- Efectos fisiológicos y bioquímicos inducidos por los tratamientos de MJ.....	17
4.8.- Enzimas relacionadas con el tratamiento de MJ.....	21
4.8.1.- Lipoxigenasa (LOX).....	21
4.8.2.- Fenilalanina amonio-liasa (PAL).....	26
5.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
5.1.- Evaluaciones Fisiológicas.....	33
5.1.1.- Tasa de respiración y producción de etileno.....	33
5.1.2.- Índice de daño por frío.....	34
5.1.3.- Apariencia General.....	34
5.2.- Evaluaciones físico-químicas.....	35
5.2.1.- Pérdida de peso (%).....	35
5.2.2.- Ángulo de matiz (ángulo Hue).....	35
5.2.3.- Firmeza (N).....	36
5.2.4.- Sólidos Solubles Totales, pH y % de Acidez titulable.....	36
5.2.5.- Pérdida iónica.....	36
5.3.- Evaluaciones Químicas.....	37
5.3.1.- Clorofilas totales.....	37
5.3.2.- Azúcares.....	38
5.3.3.- Vitamina C.....	38
5.4.1.- Fenoles totales.....	39
5.4.- Evaluaciones enzimáticas.....	40
5.4.2.- Actividad PAL.....	40
5.4.3.- Actividad LOX.....	41
6.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	42
7.- RESULTADOS.....	43

Contenido

	Página
7.1.- Evaluaciones fisiológicas	43
7.1.1.- Tasa de Respiración.....	43
7.1.2.- Producción de etileno.....	45
7.1.3.- Índice de daño por frío.....	49
7.1.4.- Apariencia general.....	52
7.2.- Evaluaciones físico-químicas.....	55
7.2.1.- Pérdida de peso.....	55
7.2.2.- Ángulo de matiz.....	57
7.2.3.- Pérdida de Firmeza (N).....	60
7.2.4.- Sólidos Solubles Totales.....	61
7.2.5.- pH.....	64
7.2.6.- Porciento de Acidez Titulable.....	65
7.2.8.- Pérdida iónica.....	67
7.3.- Evaluaciones Químicas	69
7.3.1.- Clorofilas totales.....	69
7.3.2.- Azúcares.....	73
7.3.2.1.- Fructosa.....	73
7.3.2.2.- Glucosa.....	76
7.3.2.3.- Sacarosa.....	77
7.3.3.- Vitamina C.....	78
7.4.1- Fenoles totales.....	81
7.4.- Evaluaciones enzimáticas.....	84
7.4.1- Actividad PAL.....	84
7.4.3.- Actividad LOX.....	88
8.- CONCLUSIONES.....	92
10.- BIBLIOGRAFÍA	95
11.- APÉNDICE	118

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1.- Modelo de Lyons y Raison (1970), que describe el posible mecanismo del desarrollo de los síntomas de daño por frío.....	12
2.- Biosíntesis de ácido jasmónico.....	18
3.- Rutas de la enzima lipoxigenasa.....	23
4.- Síntesis del ácido salicílico en plantas	27
5.- Diagrama de flujo del experimento de guayaba.....	32
6.- Tasa de respiración de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A) y "Hawaiana Roja" (B) tratados con MJ y almacenados a 5°C.....	44
7.- Producción de etileno de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A) y "Hawaiana Roja" (B) tratados con MJ tratados con MJ y almacenados a 5°C.....	46
8.- Índice de daño por frío (A y B) y pérdida iónica (C y D) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A y C) y "Hawaiana Roja" (B y D), tratados con MJ y almacenados a 5°C.....	50
9.- Apariencia general de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A) y "Hawaiana Roja" (B) tratados con MJ y almacenados a 5°C.....	53
10.- Pérdida de peso (A y B) y Firmeza (N) (C y D) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A y C) y "Hawaiana Roja" (B y D) tratados con MJ y almacenados a 5°C.....	56
11.- Angulo de matiz en los frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A, C y E) y "Hawaiana Roja" (B, D y F) tratados con MJ y almacenados a 5°C.....	58
12.- Sólidos Solubles Totales (A y B), pH (C y D) y % Acidez Titulable (E y F) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A, C y E) y "Hawaiana Roja" (B, D y F) tratados con MJ y almacenados a 5°C.....	62

Contenido

Figura	Página
13.- Clorofilas totales (A y B) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" y "Hawaiana Roja", tratados con MJ y almacenados a 5°C.	71
14.- Cambio en los azúcares; fructosa (A y B), glucosa (C y D) y sucrosa (E y F) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A, C y E) y "Hawaiana Roja" (B, D y F) tratados con MJ y almacenados a 5°C.	74
15.- Cambios del contenido de vitamina C (A y B) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" y "Hawaiana Roja" tratados con MJ y almacenados a 5°C.	79
16.- Fenoles totales (A y B) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" y "Hawaiana Roja", tratados con MJ y almacenados a 5°C.	82
17.- Actividad de fenil alanina-amonioliasa (A y B) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" y "Hawaiana Roja" tratados con MJ y almacenados a 5°C.	86
18.- Actividad de la lipoxigenasa (A y B) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" y "Hawaiana Roja" tratados con MJ y almacenados a 5°C.	89
19.- Modelo propuesto como posible modo de acción del MJ en frutos de guayaba almacenado a 5°C.	94

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1.- Resultados estadísticos de la tasa de respiración y producción de etileno de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.	118
2.- Resultados estadísticos del índice de daño por frío y apariencia general de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días más dos días a 25 °C.	119
3.- Resultados estadísticos de la tasa de respiración y producción de etileno de los frutos de guayaba Hawaiana Roja almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.	120
4.- Resultados estadísticos del índice de daño por frío y la apariencia general de los frutos de guayaba Hawaiana Roja almacenados a 5°C durante 15 días más dos días a 25 °C.	121
5.- Resultados estadísticos de la pérdida de peso, ángulo de matiz y firmeza de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.	122
6.- Resultados estadísticos de los sólidos solubles totales, pH y porcentaje de acidez titulable de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.	123
7.- Resultados estadísticos de la pérdida iónica de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.	124
8.- Resultados estadísticos de la pérdida de peso, ángulo de matiz y firmeza de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.	125

Contenido

Tabla	Página
9.- Resultados estadísticos de los sólidos solubles totales, pH y porcentaje de acidez titulable de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.....	126
10.- Resultados estadísticos de la pérdida iónica de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.....	127
11.- Resultados estadísticos de las clorofilas totales, vitamina C y fenoles de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.....	128
12.- Resultados estadísticos de fructosa, glucosa y sacarosa de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.....	129
13.- Resultados estadísticos de las clorofilas totales, vitamina C y fenoles de los frutos de guayaba Hawaiana Roja almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.....	130
14.- Resultados estadísticos de fructosa, glucosa y sacarosa de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.....	131
15.- Resultados estadísticos de las enzimas PAL y LOX de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.....	132
16.- Resultados estadísticos de las enzimas PAL y LOX de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus respectivas transferencias.....	133

ABREVIATURAS

Ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico	ACC
Acidez titulable	AT
Ácido absclísico	ABA
Ácido benzóico	AB
Ácido jasmónico	AJ
Ácido salicílico	AS
Adenosin trifosfato	ATP
Apariencia General	AG
Arginina descarboxilasa	ADC
Atmósferas controladas	AC
Atmósferas modificadas	AM
Clorofilas totales	CT
Chalcona cintasa	CHS
Daños por frío	DF
Fenilalanina amonio-liasa	PAL
Hawaiana blanca	HB
Hawaiana roja	HR
Lipoxigenasa	LOX
Metil jasmonato	MJ
Ornitina descarboxilasa	ODC
Pérdida iónica	PI
Poliaminas	PA's
Polifenoloxidasa	PPO
Porcentaje de acidez titulable	%AT
Porcentaje de pérdida de peso	%PP
Porcentaje de pérdida iónica	%PI

Abreviaturas

Porcentaje de Acidez titulable	%AT
Resistencia sistémica adquirida	SAR
Sólidos solubles totales	SST

RESUMEN

México es uno de los principales productores de frutos tropicales y subtropicales, tales como mango, papaya, aguacate y guayaba. Sin embargo, la mayoría de estos, productos son muy susceptibles al deterioro y a las bajas temperaturas, donde se presentan distintas fisiopatías tales como el desarrollo de daños por frío (DF) los cuales reducen su vida postcosecha. Se han desarrollado varias técnicas postcosecha para reducir estos desórdenes. Recientemente, se ha observado que la aplicación de metil jasmonato (MJ) en forma de vapor o solución, previo almacenamiento en frío, puede disminuir los síntomas de DF en calabaza zucchini, toronja, mango y papaya.

Sin embargo, no se conoce el efecto del tratamiento de MJ en la calidad de guayaba, ni tampoco si confiere tolerancia al frío. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar si el tratamiento con MJ confiere tolerancia al frío y reduce el deterioro. Así como conocer los cambios fisiológicos y bioquímicos asociados a la pérdida de calidad de frutos de guayaba tratados con MJ y almacenados a 5°C. Para ello, se emplearon dos variedades de guayaba (Hawaiana roja (HR) y Hawaiana blanca (HB)). Los frutos se dividieron en diferentes lotes y se aplicaron dos tratamientos de MJ (10^{-4} M y 10^{-5} M), se almacenaron a 5°C durante 15 días y cada 5 días se transfirieron 2 días a 25°C. Se llevaron a cabo determinaciones fisiológicas, fisicoquímicas y enzimáticas, al momento de la transferencia y después de haber estado 2 días a 25 °C.

Se encontró que la aplicación del MJ redujo el deterioro y los síntomas de DF de guayaba almacenada a 5°C. El tratamiento con MJ no modificó la pérdida de peso y producción de CO_2 y C_2H_4 en las dos variedades estudiadas. El tratamiento con MJ redujo la pérdida iónica, la cual podría estar relacionada con la tolerancia al frío inducida por el tratamiento. Los frutos tratados con MJ tuvieron mejor apariencia general que los frutos control, durante todo el período de almacenamiento. Los cambios fisicoquímicos en los frutos de guayaba se ven afectados por la aplicación MJ, con valores bajos en pH y sólidos solubles totales (SST) y altos los de acidez titulable (%AT).

De igual forma la aplicación del MJ mantuvo altos los valores de clorofilas y fenoles totales, azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa), y la actividad de las enzimas Lipoxigenasa (LOX) y Fenilalanina amonioliasa (PAL) en las dos variedades. Con los resultados encontrados se propone un modelo tentativo que podría describir el efecto del MJ en los frutos de guayaba almacenados a 5°C.

almacenamiento. Los cambios fisicoquímicos en los frutos de guayaba se ven afectados por la aplicación MJ, con valores bajos en pH y sólidos solubles totales (SST) y altos los de acidez titulable (AT).

De igual forma, la aplicación del MJ mantuvo altos los valores de clorofilas y fenoles totales, azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa), y la actividad de las enzimas Lipoxigenasa (LOX) y Pectinasa (PEL) en las dos variedades. Con los resultados encontrados se propone un modelo tentativo que podría describir el efecto del MJ en los frutos de guayaba almacenados a 15°C.

1.- INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales productores de frutos tropicales y subtropicales a nivel mundial, entre los que destacan la papaya, mango, piña, aguacate y la guayaba. Este último es un fruto originario de México y Perú, el cual es una baya de forma semiesférica; su color externo es amarillo y el interno puede variar de rojo, rosa, amarillo o blanco. Generalmente, se consume en forma de ates, dulces, jaleas y fresco, entre otros. Es altamente perecedero, su temperatura óptima de almacenamiento oscila entre 8 a 12°C y su vida de anaquel va de 2 a 3 semanas, dependiendo de la variedad y su estado de madurez (Salunkhe y Desai, 1984).

El almacenamiento a bajas temperaturas disminuye la velocidad de los procesos metabólicos que conllevan a la senescencia del fruto (Hardenburg y col., 1986). Sin embargo, algunos productos sensibles al frío como la guayaba, pueden presentar el desorden fisiológico denominado "daño por frío" (DF). Este se manifiesta en forma de picado de la piel, manchado de la pulpa, ennegrecimiento de las glándulas de aceite, los cuales llevan a grandes pérdidas postcosecha (Lim y Khoo, 1990; Kader, 1993)

Se han desarrollado diferentes tratamientos para reducir el DF. Entre estos tenemos los acondicionamientos térmicos, atmósferas modificadas y controladas, cubiertas comestibles, así como algunos reguladores del desarrollo y volátiles naturales (Wang, 1993).

Recientemente, se observó que la aplicación del metil jasmonato (MJ) reduce los síntomas de daño por frío en calabaza "Zucchini" (Wang y Buta, 1994). El ácido jasmonico (AJ) es un compuesto ubicuo en la mayoría de las plantas, el cual tiene propiedades similares a las del ácido abscísico y puede inducir mecanismos de defensa contra diferentes patógenos (Ryan, 1992). La aplicación exógena de metil jasmonato (MJ) podría reducir los síntomas de DF y deterioro durante el almacenamiento en frío y período de comercialización de frutos de guayaba. En el

Introducción

presente trabajo se evaluaron los cambios fisiológicos y bioquímicos asociados a la pérdida de calidad de frutos de guayaba tratados con MJ y almacenados a 5°C.

2.- HIPÓTESIS

La aplicación exógena de MJ induce tolerancia al frío en frutos de guayaba por mecanismos que involucran la activación de las enzimas LOX y PAL.

3.- OBJETIVOS

3.1.- Objetivo general

Evaluar los cambios fisiológicos y bioquímicos asociados a la pérdida de calidad de frutos de guayaba tratados con MJ.

3.2.- Objetivos particulares

- Determinar la concentración más efectiva que disminuya los síntomas de DF, deterioro y prolongue la vida de anaquel de guayaba.
- Determinar los cambios fisiológicos y fisicoquímicos después del tratamiento con MJ.
- Determinar los cambios en el contenido de azúcares, vitamina C y fenoles totales inducidos por MJ y almacenamiento en frío.
- Determinar el efecto del MJ en las actividades enzimáticas de LOX y PAL y su posible relación con la tolerancia al frío.

4.- ANTECEDENTES

4.1.- Problemas postcosecha de frutas tropicales y subtropicales

La producción mundial de frutas y hortalizas fue de aproximadamente 936 millones de toneladas en 1998 (Lanka, 2000). Los países de Iberoamérica son los principales productores de frutas y hortalizas. Estos generan más de 150 cultivos hortícolas de importancia comercial, con una producción del 15 al 20% del total de la producción mundial (Báez, 1998).

Después de la cosecha de los frutos y vegetales sus procesos metabólicos continúan, consumen oxígeno y producen dióxido de carbono y vapor de agua, agotando sus reservas energéticas. Se producen una serie de reacciones que producen cambios en su color, textura y sabor. De la misma forma, existen cambios en la composición de algunos compuestos aromáticos como: alcoholes, ésteres y cetonas que pueden afectar la calidad postcosecha del fruto (Mitra, 1997).

México destaca a nivel mundial como uno de los principales productores de frutos tropicales y subtropicales. A diferencia de los frutos templados, estos productos son muy perecederos con una vida de anaquel que va de 1 a 3 semanas, aún en condiciones óptimas de almacenamiento (Hardenburg y col., 1990). Las pérdidas postcosecha de los productos hortofrutícolas oscilan entre un 25-40%, debido al mal manejo postcosecha (golpes, compresiones), ataque por patógenos y desórdenes fisiológicos (DF, madurez anormal, etc.) (Yahia e Higuera, 1999; Báez, 1998).

Entre los principales productos tropicales y subtropicales de importancia en México, están el mango, aguacate, papaya, piña y guayaba. Este último tiene una vida de anaquel corta y es muy susceptible al ataque por patógenos, lo cual reduce la calidad del producto. En México, se han realizado varios trabajos con el fin de reducir las pérdidas postcosecha de guayaba, utilizando atmósferas modificadas y almacenamiento a bajas temperaturas. Sin embargo, debido a su

alto carácter perecedero ha sido difícil implementar una tecnología adecuada y eficiente para este producto.

4.2.- Producción e importancia nutricional-económica de la guayaba

La guayaba (*Psidium guajava* L.) ha adquirido suma importancia en las áreas tropicales y subtropicales del mundo debido a que es una fruta exótica con excelentes características sensoriales y elevado valor nutricional (Muy-Rangel y col., 1999). México es el segundo principal productor de guayaba a nivel mundial, después de la India (Rodríguez, 1988). De las especies frutícolas cultivadas a nivel nacional, en 1987 ocupaba el quinto lugar en relación con la superficie sembrada (Boris y Alcalá, 1987). Los principales estados productores de guayaba fueron: Aguascalientes, Zacatecas y Jalisco; con un estimado de 59.75%, 21.13% y 9.47% del volumen de producción nacional, respectivamente (CONAFRUT, 1987).

La guayaba es rica en vitamina C (ácido ascórbico) y puede contener concentraciones en un rango de 0.2 a 1.1% de peso fresco (Lazan y Ali, 1997). Los cambios de sabor que sufre son determinados por el tipo de especie y el contenido de azúcares, ácidos orgánicos, fenoles y componentes volátiles presentes en el fruto y la proporción química de estos constituyentes varía con la edad del fruto y la especie (Lazan y Ali, 1997).

4.2.1.- Desórdenes fisiológicos

Los principales cambios que ocurren durante el almacenamiento de guayaba son pérdida de peso, color y firmeza (Muy-Rangel y col., 1999). Estos cambios afectan negativamente la calidad del producto y reducen su vida de anaquel.

El contenido de ácidos orgánicos en cualquier fruta se representa en general, como acidez titulable (AT), representado por el ácido predominante. El ácido cítrico es el predominante en la pulpa de guayaba. Se han encontrado valores de 0.25 y 0.35% de ácido cítrico en frutos de diferentes especies de clones de guayaba al

Antecedentes

momento del corte y después de 10 días sus valores fueron entre el 0.52 y 0.55%, cuando los frutos fueron almacenados a 20°C (Muy-Rangel y col., 1999).

La guayaba es una fruta climatérica con tasas de respiración que varían de 20 a 80 mL CO₂ /Kg-h y alcanza el pico climatérico con una producción de etileno que oscila alrededor de 15.3 µL C₂H₄/Kg-h (Rodríguez-Félix, 1991; Yahia e Higuera, 1992). Una vez que aparece el pico climatérico, se favorece el deterioro, el cual depende de la temperatura y humedad relativa de almacenamiento. La pérdida de agua puede ocasionar alteraciones en la firmeza, color y en algunas propiedades organolépticas del fruto. Muy-Rangel y col. (1999), reportaron que la guayaba pierde drásticamente su firmeza después de los dos primeros días de almacenamiento a 20°C. Por lo que se recomienda un almacenamiento en frío a temperaturas de 5 a 10°C y 90% HR, lo cual asegura un periodo de almacenamiento de 2 a 3 semanas (Yahia e Higuera, 1992).

Las condiciones de almacenamiento recomendadas para guayaba en estado verde son de 10°C (90% de HR) y para guayaba madura de 8°C. A estas temperaturas se puede obtener una vida de anaquel de 2-3 semanas y de 1 semana, respectivamente (Yahia e Higuera, 1992).

4.2.2.- Deterioro

Uno de los principales deterioros que sufren los frutos tropicales es el ataque de hongos y bacterias, dando como resultado el deterioro del producto (FAO, 1998). La guayaba es una fruta perecedera, los principales problemas durante su manejo postcosecha son el oscurecimiento de la piel y pulpa y el desarrollo de pudriciones (Rodríguez-Félix, 1991). Otro factor que la hace altamente perecedera es que madura rápidamente, manifestando un ablandamiento acelerado y una tasa elevada de respiración, dando por resultado una vida de anaquel corta (Akamine y Goo, 1979). Este fruto es muy susceptible a una gran variedad de enfermedades e insectos lo cual ocasiona grandes pérdidas a los productores (Yahia, 1999) La principal enfermedad postcosecha de guayaba

Antecedentes

es la antracnosis, causada por *Colletotrichum psidii*, la cual ocasiona manchas hundidas en la superficie de la fruta (Salunkhe y Desai, 1984).

Otras de las características postcosecha de la guayaba, es el desprendimiento de numerosos compuestos volátiles durante su madurez, provocando que muchos insectos no deseados sean atraídos (Brinder y Flath, 1989). La disminución del daño que sufre por el ataque de insectos se puede mitigar con tratamientos en agua caliente, durante una exposición de 35 min, a 46 ± 0.5 °C (Yahia, 1997).

4.2.3.- Daño por frío (DF).

El objetivo fundamental de almacenar los frutos a bajas temperaturas es el reducir la tasa de respiración y producción de etileno, así como reducir la deshidratación y evitar el desarrollo de microorganismos (Kader, 1993, Pantastico y col., 1979). Sin embargo, no todos los frutos se pueden almacenar a bajas temperaturas, ya que pueden desarrollar síntomas de DF.

La refrigeración es la técnica más empleada para la conservación de los productos hortofrutícolas. Sin embargo, en frutos sensibles al frío, las bajas temperaturas y/o largos tiempos de almacenamiento pueden favorecer el desarrollo de síntomas de DF (Wang, 1994). Estos daños son desórdenes fisiológicos que ocurren cuando los frutos se almacenan por debajo de una temperatura considerada como crítica y/o mayor a un tiempo crítico. La severidad de los daños dependen del tiempo de exposición sobre los niveles críticos, los cuales varían con el tipo de producto (Wang, 1994).

La guayaba es un producto muy sensible a las bajas temperaturas (Yahia, 1999). Cuando el producto se almacena por 1-3 días a temperaturas por debajo de los 5°C, puede desarrollar distintos síntomas de DF, los cuales se manifiestan en la piel como picado y manchas café y oscurecimiento de la pulpa (Wilson y col., 1982; Wills y col., 1983). Estos desórdenes favorecen la invasión de patógenos y disminuyen la calidad y la vida de anaquel del producto. En otros

frutos tropicales como la naranja, los síntomas de DF aparecen después de 2 a 3 semanas de estar a 8°C, mientras que en papaya aparecen después de 1 semana a 10°C + 2 días a 20°C (Pantástico y col., 1979).

4.3.- Manifestación del daño por frío

El fruto generalmente no manifiesta los síntomas de DF durante el almacenamiento a bajas temperaturas, sino hasta que se transfiere a temperaturas superiores (20-25°C). Probablemente, como consecuencia del incremento en el metabolismo del tejido vegetal que sufre cuando se cambian las condiciones de almacenamiento (Salveit y Morris, 1990). Las frutas tropicales tales como papaya, plátano, guayaba y piña presentan DF, generalmente entre 5 y 12°C. Los principales síntomas son: ennegrecimiento de la piel y pulpa, sabores desagradables, manchados circulares y maduración anormal (Paull, 1994).

La lesión que sufren los frutos debido a las bajas temperaturas influye en la liberación de metabolitos como aminoácidos, azúcares y sales minerales al exterior de la célula, que asociados a la degradación de la estructura celular, proporciona excelentes substratos para el desarrollo de patógenos, especialmente hongos, que frecuentemente se presentan por infecciones latentes o por contaminación durante la cosecha (Wills y col., 1984).

Los síntomas más comunes del DF, en algunos frutos son el manchado de la piel en limones (Pérez y Ponce, 1993), el picado de la piel en mandarinas "fortune" (González-Aguilar y col., 1997) y el manchado en la pulpa en aguacate (Woolf y Lay-Yee, 1997). El DF se puede medir de acuerdo al porcentaje de iones totales que pierde el tejido después del almacenamiento en frío (Lafuente y col., 1991).

4.4.- Bases bioquímicas y fisiológicas asociadas al estrés de bajas temperaturas

Se han propuesto diversos modelos para explicar la naturaleza del DF en los tejidos vegetales, el más aceptado ha sido el desarrollado por Lyons y Rayson (1970), (Figura 1). Este modelo describe que el primer cambio ocurre en la bicapa lipídica de la membrana celular, la cual se encuentra en un estado líquido cristalina. Sin embargo, cuando el tejido vegetal es sometido a temperaturas críticas de DF, existe una modificación de la capa lipídica, que pasa de una fase líquido-gel a sólido-gel.

Este cambio puede dar como resultado una alteración en la permeabilidad de la membrana celular y un aumento en la energía de activación de las enzimas mitocondriales y/o cambios citoplasmáticos. Estas alteraciones dan como resultado la aparición de los síntomas de DF. Cuando el tiempo de exposición es corto este proceso puede ser reversible y no sufrir daños.

Aún no está claro cómo el cambio de una pequeña fracción de lípidos de las membranas pueden causar alteraciones importantes y provocar diferentes síntomas de DF en los tejidos vegetales (Raison y Orr., 1990).

Por lo anterior, en la mayoría de los síntomas que se emplean para medir el DF, son de acuerdo al porcentaje de iones totales que pierde el tejido después del almacenamiento en frío. El desarrollo de los síntomas de DF, también es asociado con la acumulación de productos tóxicos en el tejido, que modifican e inhiben el metabolismo normal del producto (Lyons, 1973; Wang, 1990).

Las plantas responden a las bajas temperaturas, con cambios en la estructura de la membrana en la pared celular, entre los cambios enzimáticos inducidos por las bajas temperaturas se ha reportado un aumento considerable en la actividad de la enzima fenilalanina amonio-licasa (PAL) en mandarinas y carambola (Martínez-Téllez y Lafuente, 1993; Pérez-Tello y col., 2001), en tomate (Tanaka y col., 1974); y la enzima polifenoloxidasas (PPO) en mandarinas y carambola (Martínez-Téllez y Lafuente, 1993; Pérez-Tello y col., 2001).

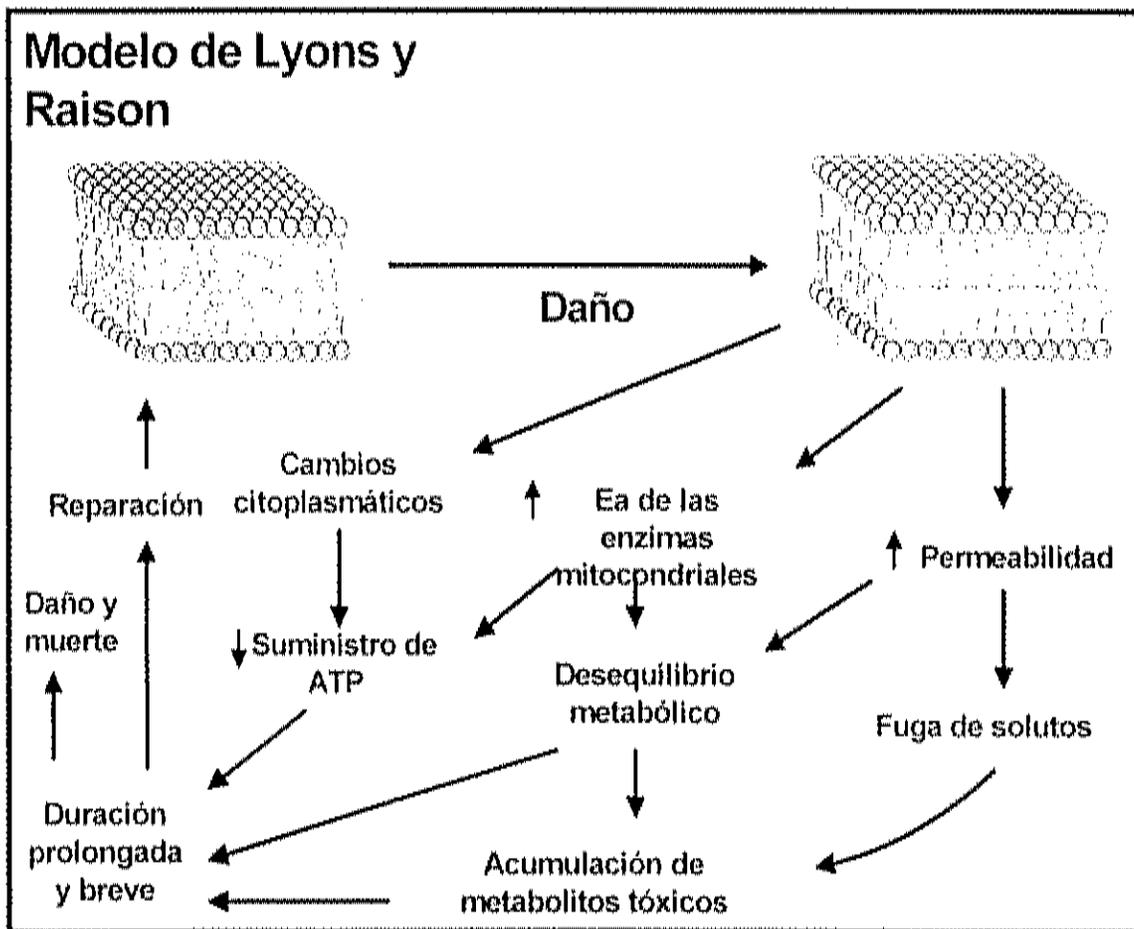


Figura 1.- Modelo de Lyons y Raison (1970), que describe el posible mecanismo del desarrollo de los síntomas de daño por frío.

4.5.- Prevención de los síntomas de daño por frío

Debido a la alta susceptibilidad de los frutos tropicales y subtropicales a las bajas temperaturas, es necesario el uso de tecnologías coadyuvantes a la refrigeración que ayuden a reducir o inhibir el desarrollo de los síntomas de DF. Entre éstas tenemos los acondicionamientos a altas y/o bajas temperaturas, calentamientos intermitentes e inmersión en agua caliente. Otras técnicas empleadas que pueden suprimir los daños por frío de distintos productos vegetales son el uso de envasado en atmósferas modificadas y controladas y la aplicación de reguladores de desarrollo, previo almacenamiento en frío (Salveit y Morris, 1990; Wang, 1994).

4.5.1.- Acondicionamiento a bajas temperaturas

Los acondicionamientos a bajas temperaturas se lleva a cabo en los tejidos vegetales previo a su almacenamiento en frío. Con este tipo de tratamiento, se ha observado que puede disminuir la susceptibilidad al DF (Hatton, 1990; Pauli, 1990). También se ha encontrado que a medida que los tejidos vegetales se exponen de forma paulatina a bajas temperaturas, el grado de instauración de los lípidos de las membranas celulares va aumentando hasta tener un menor punto de congelación (Lyons y col., 1980). De esta forma el tejido se hace más tolerante a las bajas temperaturas.

4.5.2.- Acondicionamiento a altas temperaturas

Estos acondicionamientos también son conocidos como choques térmicos. Estos consisten en la exposición de los frutos a altas temperaturas, normalmente entre 20-50°C, con tiempos cortos de 2 min a 48 h, previo almacenamiento en frío (Lurie y Klein, 1991). Este tipo de tratamientos se ha venido utilizando en diferentes tipos de tejidos vegetales, tales como guayaba. Yahia (1997), observó que la inmersión de este fruto en agua caliente (46°C/35

Antecedentes

min) reducía considerablemente los síntomas de DF del fruto. Woolf y Lay-Yee (1997), los síntomas de DF y deterioro se disminuyen significativamente en frutos de aguacate cuando son sometidos en un pre-tratamiento de agua caliente (40°C/30 min o a 38°C por 3 h).

Díaz-Pérez (2001), reportó que la incidencia de hongos en frutos de mamey se reducía significativamente con la inmersión del fruto durante 2 min a 60°C. De igual forma se disminuía la pérdida de peso e inhibía la síntesis de etileno en frutos de naranjas con el tratamiento en agua caliente durante 3 min a 53°C (Woolf y Lay-Yee; 1997). Cuando se combinan los acondicionamientos a altas temperaturas (53°C/3 min) con el envasado en atmósferas modificadas (AM) se incrementa la eficacia en la reducción del deterioro y los síntomas de DF, en tejidos altamente sensibles a este desorden fisiológico como el Chile pimiento (González-Aguilar y col., 1998).

4.5.3.- Atmósferas modificadas (AM) y Atmósferas controladas (AC).

Los tratamientos de AC y/o AM implican una reducción de los niveles de O₂ y/o una elevación de los niveles de CO₂. Se ha encontrado que los principales efectos benéficos del empleo de AC, son el retraso en maduración y senescencia del producto y la disminución en la incidencia y severidad de pudriciones (Kader y col., 1989). Varios investigadores han reportado incrementos en la vida de postcosecha de productos hortofrutícolas al almacenarlos en condiciones apropiadas de temperatura y bajo condiciones de AC (1-10% O₂ y 2-10% CO₂).

Baldwin y col. (1999), encontraron que el uso de atmósferas semi-activas (cubierta plástica que cubre al fruto) reducen considerablemente el daño por frío en aguacate "Hass", almacenado durante 5 semanas a 5°C. De la misma forma se ha visto que el envasado en películas plásticas reduce significativamente los DF y prolonga la vida de anaquel de guayaba y toronja (Yadava, 1996). Arévalo y col. (1994), encontraron que el uso de AM (0.25% de O₂) reducía la incidencia de patógenos en frutos de mango almacenados a 20°C. En otros frutos muy

susceptibles al deterioro como la uva de mesa "Napoleón", se encontró que el envasado en AM inhibe el crecimiento de *Botrytis*, después de estar almacenado el fruto 41 días a 0°C + 4 días a 20°C y/o 13 días a 15°C (Baldwin y col., 1999). En guayaba se encontró que el uso de AC inhibe la síntesis de etileno y como consecuencia retrasa los procesos de maduración y de senescencia (Rodríguez-Félix, 1991).

4.6.- Cambios fisiológicos inducidos por los tratamientos empleados para reducir el DF

Cuando los productos hortícolas son sometidos al estrés por frío, tienen como resultado una serie de modificaciones fisiológicas y bioquímicas. Las cuales son inducidas por los efectos de las temperaturas a las que fueron expuestos los tejidos vegetales, dando como resultado final la aparición de los síntomas de DF (Wang, 1991). Se han realizado una gran cantidad de trabajos con el fin de conocer los efectos que provocan los acondicionamientos térmicos y otros tratamientos que reducen el deterioro y los síntomas de DF y el modo de acción de los mismos.

En varios estudios, se ha encontrado que el aumento en los niveles de poliaminas (PA's), principalmente putrescina y espermidina y actividad PAL, podrían estar relacionados con la tolerancia al frío y al deterioro inducido por tratamientos térmicos en frutos cítricos, pimientos y calabaza zucchini (Lurie y Klein, 1991; González-Aguilar, 1998; Martínez-Téllez y LaFuente, 1993). Cajuste y col. (1994), reportaron que el pH citoplasmático en frutos de aguacate disminuye con la temperatura de DF, la cual causa acidosis y los niveles de ATP se mantienen altos comparados con los de los frutos almacenados a temperatura ambiente.

Por otra parte, se ha observado que los tratamientos térmicos aumentan los niveles de poliaminas, escualeno y aldehídos de cadena larga (Norby y McDonald, 1990). Se ha sugerido que estos cambios pueden estar relacionados con la reducción de los síntomas de DF. Los tratamientos de acondicionamiento en

pomelo aumentan los niveles de prolina y disminuyen los niveles de azúcares (Purvis y Grierson, 1982). La acumulación de carbohidratos se han relacionado con los cambios en sensibilidad del producto al por frío (Purvis y col., 1995). Otros investigadores han sugerido que el aumento en la tolerancia al frío, inducida por los tratamientos de acondicionamientos a altas temperaturas, puede estar relacionado con la inducción de nuevas proteínas, o proteínas de choque térmico (Lafuente y col., 1991; Lurie y Klein, 1991).

4.7.- Metil jasmonato (MJ)

El ácido jasmónico es un compuesto ubicuo en la mayoría de las plantas. Su nombre se deriva del jazmin, ya que fue en esta planta donde fue detectado, pero también se encuentra en abundantes cantidades en hojas de la planta rosemary y en té negro. Su éster metílico "Metil jasmonato" (MJ) es muy volátil. Recientemente, se ha observado que los jasmonatos (JA y MJ) pueden actuar como segundos mensajeros en sistemas que se activan cuando ocurre algún estrés tales como heridas, donde compuestos como fitoalexinas, fragmentos de la pared celular, son liberados y/o sintetizados y pueden jugar un papel muy importante en la tolerancia contra el ataque de patógenos (Posner y Asirvatham, 1985; Creelman y col., 1992; Ryan, 1992).

El AJ tiene propiedades similares a las del ácido abscísico (ABA) y puede inducir mecanismos de defensa contra diferentes patógenos (Ryan, 1992). Estas propiedades se han observado en plantas de papas y tomates contra *Phytophthora infestans*. (Cohen y col., 1993), *Erysiphe graminis* f. Sp. *Hordei* (Droby y col., 1999).

También, puede controlar la pudrición causada por *Botrytis* en flores de rosas cortadas (Mier y col., 1998). En toronjas "Marsh Seedless" reduce el ataque de *P. digitatum* (Droby y col., 1999). También reduce la contaminación microbiana causada por *Capsicum annum* en apio y pimienta (Buta y Moline, 1998). Debido a lo anterior, se cree que la aplicación de MJ podría ser utilizado en algunos frutos

para reducir los síntomas de daño por frío, así como el deterioro causado por algunos patógenos, funcionando como antifúngica (Wang y Buta, 1994; Mirjalili y Linden, 1996).

4.7.1.- Biosíntesis

La Figura 2 muestra la biosíntesis del AJ en plantas (Creelman y col., 1992). La síntesis del MJ se puede activar como respuesta a diferentes tipos de estrés. Las señales son recibidas por receptores que se encuentran en la membrana celular, las cuales activan las enzimas lipoxigenasas y lipasas, dando como resultado la acumulación de ácido linolénico. Posteriormente, por acción de la lipoxigenasa (LOX), enzima clave en la biosíntesis de MJ, da lugar una serie de reacciones de oxido-reducción, para dar como resultado final la síntesis de metil jasmonato (Figura 2). Se sabe también que la aplicación exógena del MJ puede inducir a la enzima LOX (Creelman y col., 1992; Gross y Parthier, 1994).

4.7.2.- Efectos fisiológicos y bioquímicos inducidos por los tratamientos de MJ.

Se ha observado que el AJ puede producir diferentes efectos en la fisiología y bioquímica del fruto. Esto se ha relacionado con la respuesta de heridas que sufren algunas plantas y frutos tales como tomate y tabaco (Sembdner y de Parthier, 1993). Otros efectos fisiológicos que puede tener el AJ en las plantas y frutos son: retrasar la maduración del polen, crecimiento de la raíz y senescencia (Asaki y col., 2002). Aunque también promueve el crecimiento, ya que al parecer favorece la síntesis de polisacáridos de la pared celular, promoviendo la elongación (Montague, 1997). De igual forma se ha observado que el tratamiento con MJ inhibe la brotación en rábanos almacenados a 15°C y mantiene su calidad (Wang y Buta, 1998).

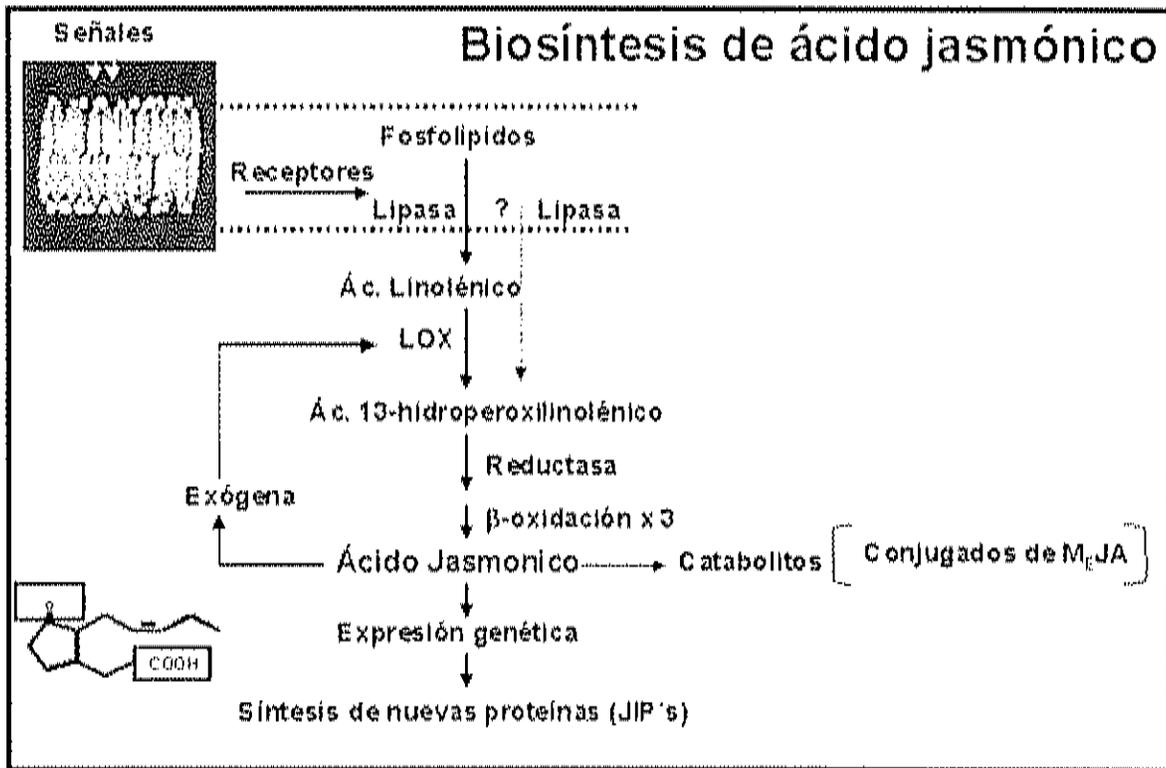


Figura 2.- Biosíntesis de ácido jasmónico. Fuente: (Creelman y col., 1997)

Antecedentes

Otras propiedades que presenta el AJ son las de modificar la síntesis de etileno en frutos climatéricos e inhibirla en la etapa postclimatericos (Saniewsky y col. 1997); promueve el cierre estomático y la senescencia (Parthier y col. 1992; Wasternack y col., 1994). También se ha visto la aplicación exógena de AJ disminuye la actividad fotosintética de cloroplastos (Todorova y col., 1992).

El MJ es un inhibidor de proteínas como la enzima chalcona sintasa (CHS) e hidroperóxido liasa (Avdiushko y col., 1995). Activa la enzima PPO en tomate (Thaler, 2001) y LOX en soya (Avdiushko y col., 1995; Thaler, 2001). El MJ mantiene altos los niveles de la enzima LOX, la cual a su vez mantiene altos los niveles de los linolénico y linoleico, los cuales se han relacionado con el aumento en la tolerancia al frío en tejidos vegetales (Kramer y Wang, 1989).

La lipoxigenasa cataliza en su primer paso biosintético el ácido α -linoleico para dar AJ, el cual puede ser un mecanismo de defensa contra algunos patógenos en algunos tejidos como el de arroz (*Oryza sativa* L.). Dando como respuesta una resistencia de *Magnaporthe grisea* (Schweizer y col., 1997).

La tolerancia al frío inducida por MJ, se ha relacionado con un aumento en los niveles de PA's y ABA en el tejido de exocarpio en calabaza zucchini squash (Wang y Buta, 1994). Se sabe que los altos niveles de ABA y PA's están estrechamente relacionados en la disminución de los síntomas de DF (Wang, 1993). Se ha reportado que las PA's, en especial espermina y espermidina están relacionadas en la reducción de la peroxidación de lípidos, inhibiendo la actividad de enzimas y estabilizando la estructura membrana celular (Kramer y Wang, 1989). Se propone que las PA's pueden actuar como segundo mensajero y controlar algunos efectos inducidos por otras hormonas (Wang y Buta, 1994).

Lee (1996), observó que la aplicación exógena de AJ, incrementa la tolerancia al estrés por frío en plantas de arroz. También encontró un aumento en la actividad de arginina descarboxilasa (ADC) y ornitina descarboxilasa (ODC), las cuales son responsables de los altos niveles de putrescina. Al

Antecedentes

parecer los altos niveles de putrescina esta relacionado con el incremento en la tolerancia al frío inducido por el tratamiento de AJ.

Los tratamientos con AJ incrementan la tolerancia al frío y los niveles de ácido linolénico en frutos de tomate (Czapski y col., 1992). Una alta relación en ácido linolénico y ácido linoleico, puede ser beneficiosa para inducir un aumento en la tolerancia al frío de tejidos vegetales tratados con una combinación de AJ-MJ (Kramer y Wang, 1989). Se ha observado que la aplicación de AJ induce la síntesis de 4-aminobutarato, el cual al parecer esta relacionado con el aumento en la tolerancia al frío inducida por el tratamiento (Reggianai y col., 1993).

La aplicación de AJ previo almacenamiento a bajas temperaturas reduce la incidencia de DF y el deterioro en frutos de uvas (Droby y col., 1999). De la misma forma reduce estas fisiopatías en aguacate "Hass" y frutos de pimiento con concentraciones de 1 a 25 μM MJ (Mier y col., 1996).

La aplicación de MJ en mango "Kent" disminuye el DF (González-Aguilar y col., 2001). El tratamiento con AJ disminuye la pérdida iónica en frutos de mango almacenados a 7°C (González-Aguilar y col., 2000). Además, puede mantener la calidad postcosecha de varios productos ya que puede reducir el desarrollo de *Botrytis cinerea* en frutos de fresa y de *Penicillium digitatum* en toronja (Moline y col., 1997; Mier y col., 1996).

Se cree que es posible que MJ tenga un efecto sinérgico en la ruta de etileno (Asaki y col., 2002). Otros autores señalan que la aplicación de MJ reduce la producción de etileno en arroz durante las primeras 24 h (Tsai y col., 1996). La aplicación de vapores de MJ en manzanas "Golden Delicious" incrementa el contenido de ACC y la actividad de ACC oxidasa y estimula en consecuencia la formación de etileno (Olias y col., 1992). Aunque también se ha observado que el incremento en la producción de CO₂ es independiente de la estimulación o inhibición de la biosíntesis de etileno en manzanas "Jonagold" (Miszczak y col., 1995).

Como se sabe, el etileno acelera la degradación de clorofila (Purvis y Barmore, 1981) y promueve la síntesis de carotenos (Steward y Wheaton, 1972).

Antecedentes

Por lo tanto el MJ puede acelerar la degradación de la clorofila "a" y "b" a en manzanas "Golden Delicious" (Olias y col., 1992) y en tomates (Fan y col., 1998).

Existen contradicciones en los efectos de MJ en las clorofilas, ya que otros autores mencionan que retrasa la pérdida de coloración verde (Buta y Moline, 1998). Sin embargo en frutos de mango "Kent" favorece significativamente los colores rojo y amarillo (González-Aguilar y col., 2001). Quiles y col. (1994), reportaron que la aplicación exógena de MJ estimula la pérdida de clorofila en cebada, en una mayor proporción que con la aplicación de ABA.

La glucosa, fructosa y sacarosa son los azúcares predominantes en la mayoría de los frutos. Se ha observado que el tratamiento con MJ incrementa los niveles de glucosa y sacarosa en frutos de mango (González-Aguilar y col., 2001). De la misma forma, disminuye los procesos de degradación de fructosa y glucosa en calabacita zucchini durante el almacenamiento a 5°C (Wang y Buta, 1998)

4.8.- Enzimas relacionadas con el tratamiento de MJ.

4.8.1.- Lipoxigenasa (LOX).

La enzima lipoxigenasa (LOX), inicialmente fue nombrada "caroteno oxidasa" (Yoon y Klein, 1979). Esta enzima, cataliza la deshidrogenación de los ácidos grasos insaturados. No se conoce con exactitud el papel fisiológico de la LOX en las plantas sometidas a las bajas temperatura, aunque se conocen algunas respuestas y efectos en algunos desórdenes como heridas y otras respuestas al estrés (Anthon y Barrett, 2001).

La LOX es la precursora de la biosíntesis de un gran número de compuestos aromáticos y compuesto volátiles, los cuales son responsables del olor de los productos vegetales (Barrett y Theerakulkait, 1995). Entre los principales compuestos tenemos los aldehídos, alcoholes, ésteres y cetonas.

Antecedentes

La Figura 3 muestra la ruta de la enzima LOX. Los ácidos grasos son transformados en derivados del hidropéroxido, donde la enzima lipoxigenasa es la responsable de catalizar la hidroperoxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, que forman los ácidos linoleico o linolénico. Los productos primarios de la LOX, son los hidroperóxidos del ácido graso. Estos no se acumulan en los tejidos finos de la planta y pueden generalmente ser convertidos rápidamente en productos adicionales por uno de los tres caminos mostrados en la Figura 3 (Gardner, 1995).

Muchas plantas tienen la capacidad de convertir los aldehídos de seis carbonos en alcoholes. Una serie de reacciones subsecuentes puede dar lugar a la formación de AJ, que a su vez se puede convertir en MJ.

La literatura señala que la lipoxigenasa se encuentra en varios órganos de las plantas, esto va a depender del desarrollo, del almacenamiento y medio ambiente (por ejemplo después de un estrés). Aunque esta enzima se localiza primordialmente en el citosol (Loiseau y col., 2001). Otros estudios presentan evidencias de que las LOXs se encuentran en otros compartimientos, las cuales están bien asociadas con el microsoma.

Aunque también los organelos de plantas como los cloroplastos pueden ser un sitio de la biosíntesis en las reacciones de defensa de plantas. La LOX, hidroxipéroxido liasa y actividad de hidratasa han sido medidas en cloroplastos (Bowsher y col., 1992).

En los últimos años, numerosos investigadores han evaluado la presencia de LOX en vegetales y han determinado su actividad a diferentes temperaturas y pHs. Se ha descubierto que la producción de los malos sabores durante el almacenamiento a temperaturas de DF, son una respuesta del tejido el cual

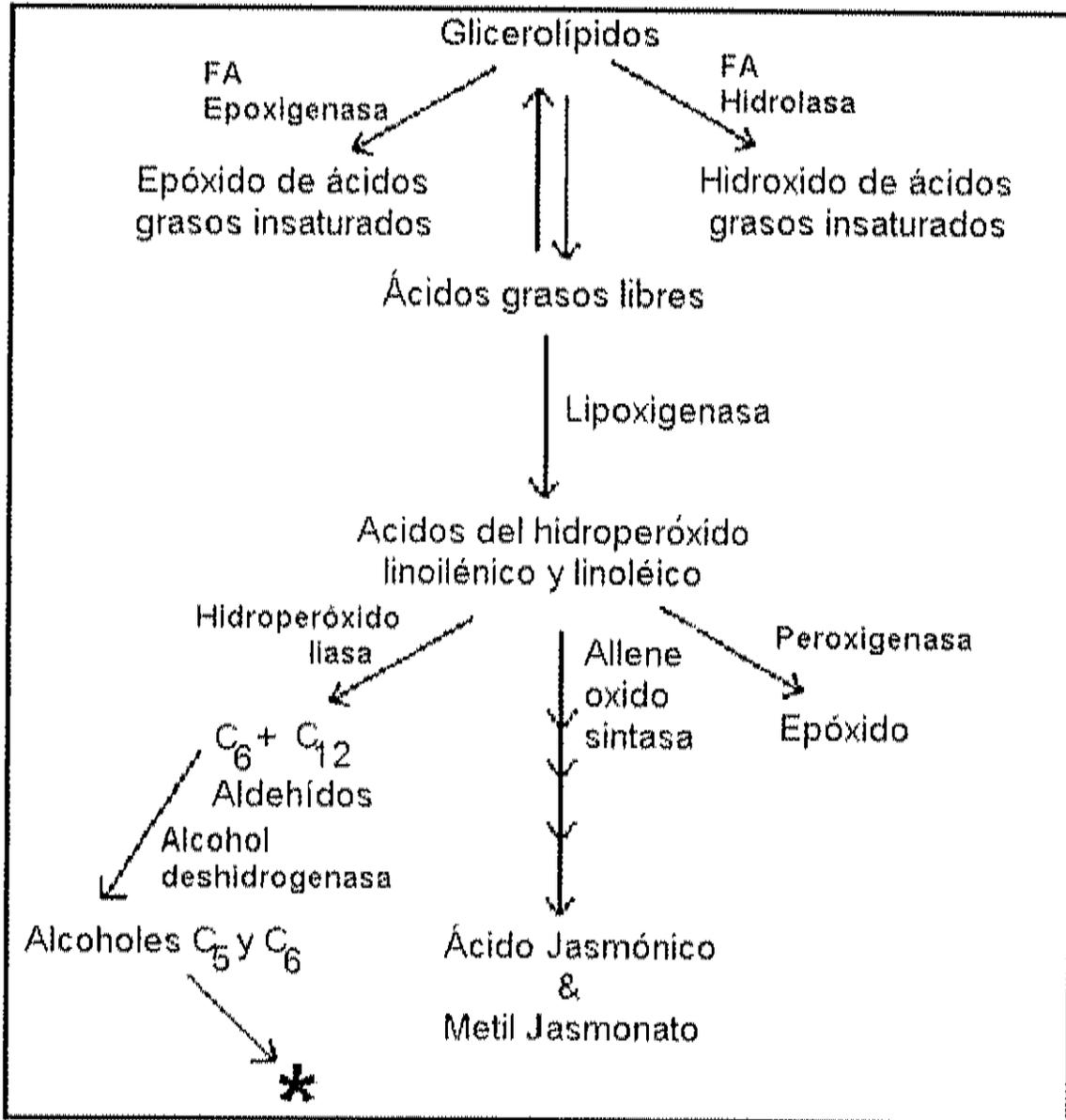


Figura 3.- Rutas de la enzima lipoxigenasa Fuente. (Gardner, 1995).

Antecedentes

incrementa la actividad de la LOX. Sin embargo, aunque no existe evidencias contundentes sobre el desarrollo de los malos sabores en algunas leguminosas como maíz, frijoles verdes y chícharos verdes cuando son almacenados a bajas temperaturas, se cree que la actividad LOX es la principal responsable de tales efectos (Barret y Theerekulkait, 1995).

También existen cambios de actividad de la LOX en la maduración de chile bell, los cuales se han relacionado con cambios en los compuestos volátiles, que producen los malos olores (Luning y col., 1995). En frutos de kiwi se tiene un comportamiento similar en la actividad de LOX como la que presentan algunas leguminosas cuando se almacenan a bajas temperaturas (Boyes y col., 1992). La LOX se ha relacionado en la degradación de clorofila, su actividad es responsable de procesos de decoloración en alimentos preparados de tipo vegetal como zanahoria (Yoon y Klein, 1979; García-Barrado y Antonio, 2002)

Hace pocos años, las LOXs fueron relacionadas en la reacción de las plantas superiores, al ataque de patógenos, ya que son precursoras de los aldehídos volátiles de C_6 y C_5 , AJ y hidroxi-epoxi, y octadecanoides trihidroxi (Guiliard y Metthew., 1977). Así como de los derivados de hidroxi-peroxidoliasa, de hidratasa o vías de peroxigenasa, las cuales poseen propiedades antifungicidas (Blée y Joyard, 1996)

Recientemente, Blée y Schuber (1993), describieron que en la cascada peroxigenasa de los hidroxiperoxidos de los ácidos grasos, existe un producto que relaciona con los mecanismos de defensa de la planta, el cual posee además propiedades funguicidas. Los hidroperoxidos de los lípidos pueden servir como intermediarios en la formación del AJ y ácido traumático y los aldehídos volátiles están relacionados con el aroma (Sheng y col., 2000).

Se puede decir que las LOXs tiene un papel importantes en numerosos procesos fisiológicos de la planta, tales como en el desarrollo, crecimiento y senescencia. También en la repuesta de la planta a patógenos, heridas y estrés abióticos (Barret y Theerekulkait, 1995). Las enzimas LOXs pueden estar

Antecedentes

implicadas en la biosíntesis de algunos reguladores del desarrollo, como ácido abscísico (ABA), ácido traumático y jasmonatos. La LOX puede contribuir en la elongación celular o degradación por modificación de la composición a los fosfolípidos de membrana celular (Loiseau y col., 2001).

Riley y col. (1996), reportaron que la LOX incrementa su actividad de un estado madurez de verde a rojo en tomate (cv. Match W42), aunque tiende a disminuirla cuando se torna rojo.

Otros efectos que se han observado es que la LOX juega un papel importante en la formación de compuestos volátiles de bananas (Tresl y Drawert, 1973), manzanas (Schier y Lorenz, 1982), pepinos (Grosch y Schwarz, 1971), tomate (Luning y col. 1995; Guiliard y Metthew, 1977), soya cruda (De Lumen y col., 1978), hongos (Boyes y col., 1992) y té (González y col., 1972).

Durante los procesos de degradación, en manzanas "Golden Delicious" la actividad de la lipoxigenasa, conducen irrevocablemente a la fruta a la maduración, por la degradación de los ácidos grasos provocada por la enzima (De Pooter y Schamp, 2002). Este hecho provoca que las manzanas utilicen los ácidos carboxílicos como sustratos para la producción de menores cantidades de etileno. Dando como resultado una producción auto catalítica del etileno mediada ACC, provocando un aumento en la respiración, dando un aroma, etc. La cual es otra de las "respuestas maduración" (De Pooter y Schamp, 2002; Barret y Theerekulkait, 1995).

Basado en su rol fisiológico, las LOXs son de gran importancia en la industria alimenticia, como se ha venido mencionando, estas enzimas están implicadas en el sabor y aroma de muchos productos vegetales. Son responsables de sabores indeseables en leguminosas, durante el proceso de almacenamiento de productos de proteínas derivados de las semillas de leguminosas (Loiseau y col., 2001)

4.8.2.- Fenilalanina amonio-liasas (PAL).

Del fenilpiruvato se forma por transaminación la fenil alanina amonioliasa (PAL) (Azcón-Bieto, 1996). Esta es una enzima clave en el metabolismo de los fenilpropanoides. Cataliza en el primer paso de la secuencia de reacciones del metabolismo de los fenilpropanoides que dan lugar a los ácidos cinámicos, los cuales son activados a partir de la L-fenilalanina (Hanlbrock y Griesebach, 1979).

El ácido cinámico se obtiene a través de una reacción mediada por la enzima PAL, cuando la fenilalanina puede ser convertida en ácido cinámico es transformado en ácido benzoico (AB) o en ácido orto-cumárico (Figura 4) los cuales se supone son los precursores del ácido salicílico (AS) (Raskin, 1992). O en su defecto seguir la ruta del ácido cumárico, donde el resultado principal de esta biosíntesis de compuestos secundarios entre ellos a los fenoles. La PAL está estrechamente relacionada con la inducción de la necrogenesis y el oscurecimiento de los tejidos vegetales por diferentes estreses (Sciancalepore y Longe, 1984; Dangyang y Saltveit, 1988). También pueden jugar un papel importante en el mantenimiento de las heridas de las plantas, para evitar el ataque de patógenos al inducir algunos productos como es el caso de los fenoles y al ácido salicílico (Tamagnone y col., 1998).

Recientemente la síntesis de los fenilpropanoides han recibido una mayor atención, para conocer la regulación de la ruta de inducción de la actividad PAL y sus efectos fisiológicos (Dixon y Paiva, 1995). A través de esta síntesis se tienen los compuestos fenólicos, los tres principales que se han identificado son: ácidos ferúlico, p-cumárico y caféico (Palmer, 1971).

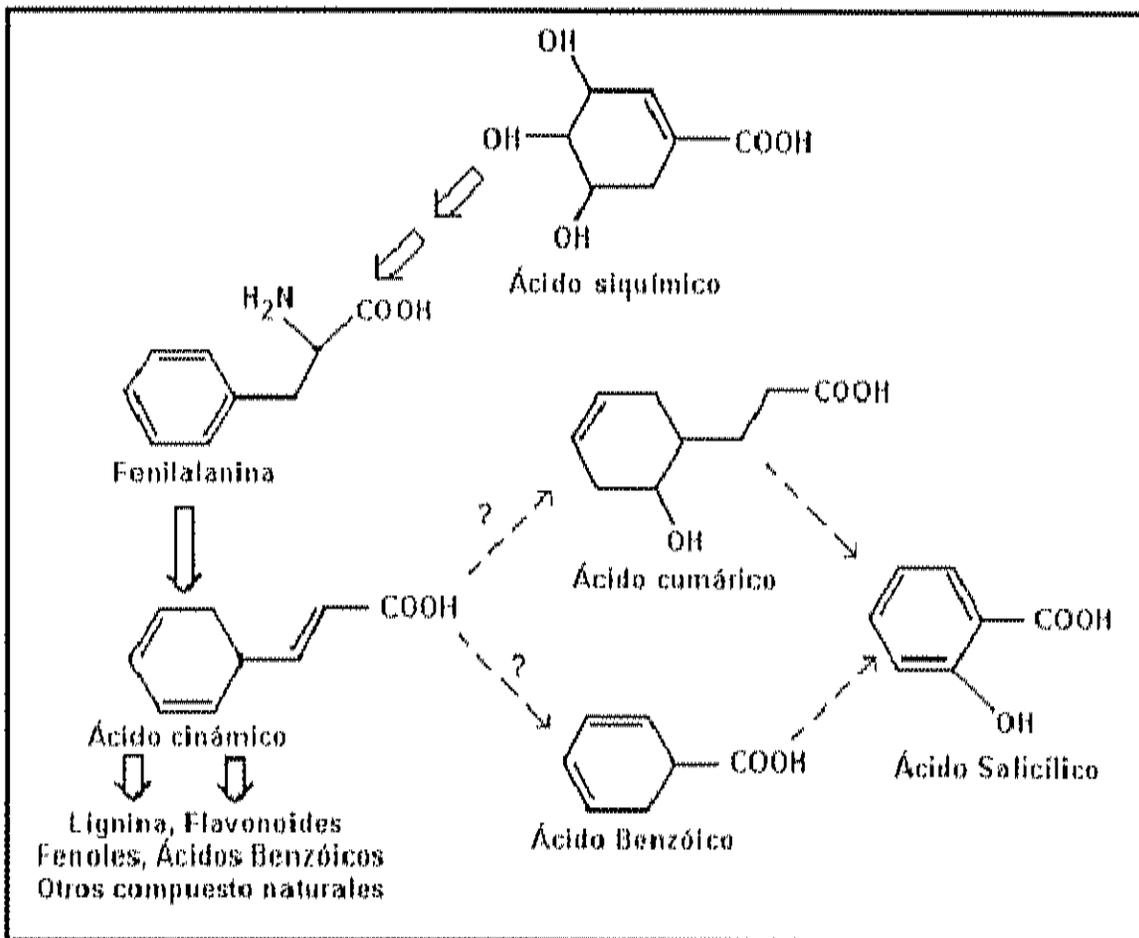


Figura 4.- Vía propuesta de la síntesis del ácido salicílico en plantas

fuelle: (modificado de Raskin, 1992).

Antecedentes

Las fitoalexinas son otros compuestos secundarios de la síntesis de la PAL. Las cuales son conducidas rápidamente a lugares donde se requiere, como procesos de defensa contra diferentes patógenos, debido a sus propiedades antimicrobianas (Dixon, 1986). Estos compuestos pueden estar presentes en áreas dañadas del fruto y su resistencia en la planta como un mecanismo de defensa (Somssick y Hahlbrock, 1998).

La PAL se ha localizado en el citoplasma, los plastidios y la mitocondria. La mayor parte de la actividad PAL se libera por el rompimiento de la célula o de los orgánulos celulares, aunque una porción permanece asociada con fragmentos de membrana (Dixon y Paiva, 1995).

La inducción de la actividad PAL se ha considerado un mecanismo de defensa de las plantas frente a diversos estreses bióticos y abióticos. La luz (Zucker, 1972), las heridas (Dangyang y Saltveit, 1989; Jones, 1984), los patógenos (Haga y col., 1998; Jones 1984), las concentraciones altas de CO₂ (Siriphanich y Kader, 1985; Assis y col., 2001) y el etileno (Hyodo y Yang, 1971; Lafuente y col., 2001; Blankenship y Unrath 1988; Martínez-Téllez., 1997) son factores que afectan la actividad PAL.

Los fenoles son compuestos que responden al estrés de una manera antioxidativa, se ha mostrado que los fenoles presentan una disminución a la oxidación en la piel de los frutos cítricos causados por los efectos del daño por frío (Sala y Lafuente, 1999). También se ha reportado que hay una relación en el aumento de actividad de la enzima PAL en estos frutos, almacenados a bajas temperaturas (Martínez-Téllez y Lafuente, 1997). Este efecto fue observado en flavedo de mandarina "fortuna". Con una actividad mayor en los frutos almacenados por 24 días a bajas temperaturas (Martínez-Téllez y Lafuente, 1997). Resultados similares se encontraron en frutos de carambola (Pérez-Tello y col., 2001).

Sin embargo en los cítricos, manzanas y lechuga, la actividad PAL aparentemente es baja. Pero, en algunos tipos de estrés o en presencia de

Antecedentes

etileno, la actividad de esta enzima puede incrementar considerablemente. (Ismail y Brown, 1979; Blankenship y Unrath, 1988; Hyodo y col., 1978).

Aún no se conoce con exactitud la interacción entre el etileno y la PAL en los procesos donde ocurren los desarrollos de DF. La actividad de la enzima PAL puede ser estimulada por condiciones de estrés extremos. La inducción de la actividad de etileno y PAL en respuesta a las condiciones de estrés ha sido considerado como un mecanismo de defensa de las plantas contra este desorden fisiológico (Martínez-Téllez y Lafuente 1997; Lafuente y col., 2001; Blankenship y Unrath, 1988).

Una elevada actividad de PAL en frutos de manzanas cv. "Starking Delicious" está relacionada con el mayor contenido de antiocianinas (Iglesias y col., 1999). Los cuales se derivan a partir de los flavonoides, estos son derivados del ácido cinámico que procede de la L-fenilalanina, reacción catalizada por la enzima PAL. Como se ha venido mencionando la actividad de la enzima está estrechamente relacionada con la producción y acumulación de antiocianinas (Blankenship y Unrath, 1988; Cheng y Breen, 1991), por lo que tiene un papel clave el desarrollo de la pigmentación roja, la cual depende principalmente de numerosos factores entre los que se destacan los ambientales como la luz (Saure, 1990; Jones, 1984), y de forma especial la temperatura (Andris y Crisosto, 1996).

En plantas, la temperatura puede disminuir o activar la enzima PAL. Carolus (1971), reportó que la disminución de las temperaturas alcanzadas durante el día y el incremento de la humedad relativa ambiental disminuyen el estrés de la planta, favoreciendo la apertura estomática y el incremento de la fotosíntesis, activando la PAL, las cuales son condiciones favorables para la coloración de los frutos. De esta manera se tiene un incremento en la síntesis de antiocianinas (Unrath, 1972; Williams y Mayles, 1989; Willet, 1989; Williams, 1993; Salunkhe y Kadam, 1995).

Antecedentes

A medida que los frutos maduran, presentan una mayor respuesta a la activación de la PAL, tanto por factores endógenos al fruto (etileno, giberelinas, etc.), como externos (aplicación de reguladores de crecimiento, temperatura, luz, etc.) (Larrigaudiere, 1996; Jones, 1984; Harbone, 1993).

5.- MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de conocer la efectividad del tratamiento con MJ para reducir el DF y deterioro, se seleccionaron dos variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) con diferente susceptibilidad al frío y al deterioro. Las variedades empleadas fueron "Hawaiana blanca" (HB) sin semilla, obtenidas de un clon de la variedad "Java" y la "Hawaiana roja" (HR) con semilla las cuales fueron producidas por autofecundación a partir de semilla cuyo progenitor fue la variedad "Hawai 74".

Los frutos fueron cosechados en una huerta en el valle de Culiacán Sinaloa y se transportaron al laboratorio del CIAD, el mismo día de su corte. Se seleccionaron de acuerdo a su tamaño y peso, desechándose los que presentaron daños. Cada Se variedad se dividió en tres grupos (Control, MJ 10^{-5} M y MJ 10^{-4} M) de 120 frutos cada uno.

La aplicación de MJ fue en forma de vapor (8 horas a 20°C) previo almacenamiento a 5°C durante 21 días. Cada 5 días se transfirió un lote de cada tratamiento a 25°C, para simular las condiciones de mercadeo (Figura 5). De cada tratamiento se tomaron 15 frutos, para medir el porcentaje de pérdida de peso, índice de daño por frío, deterioro y color. Posteriormente, se les midió la firmeza a 6 frutos y se obtuvieron 4 muestras representativas de 10 g para medir pH, % AT y SST. De la misma forma, se tomaron 4 repeticiones de 2 g de piel de 1 fruto de cada variedad; para medir el contenido de clorofilas y fenoles totales. Del resto de los frutos se tomaron 4 muestras de pulpa para la determinación de azúcares (5 g) y vitamina C (10 g), para PAL (5 g) y LOX (5 g) de piel. Las muestras se almacenaron a -40°C hasta su análisis.

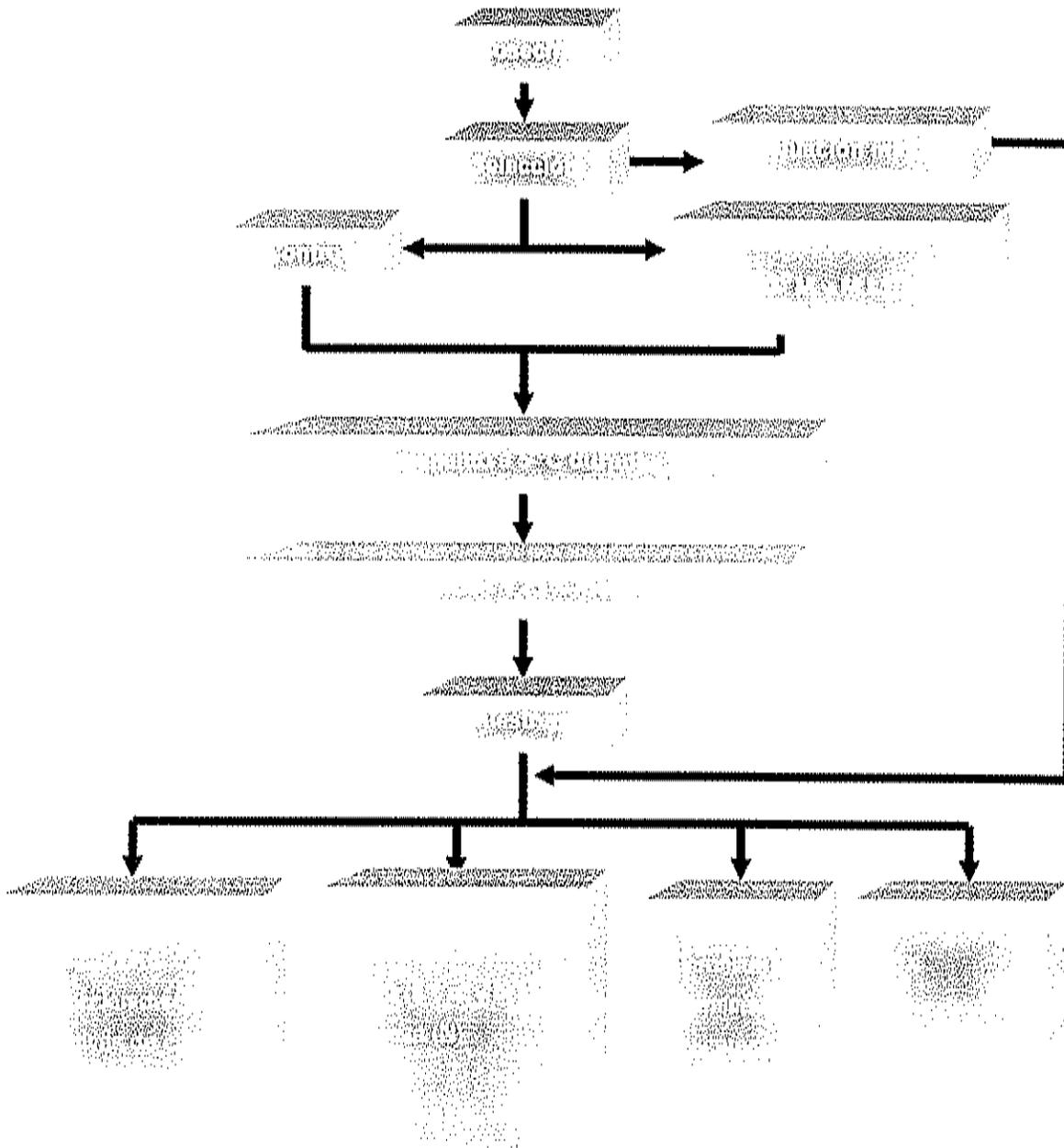


Figura 5.- Diagrama de flujo del experimento de guayaba.

5.1.- Evaluaciones Fisiológicas

5.1.1.- Tasa de respiración y producción de etileno

Se usaron 4 frutos por tratamiento y colocaron en frascos de plástico, los cuales se sellaron herméticamente durante 2 horas. Posteriormente, se tomó 1 mL de muestra del espacio de cabeza, empleando una jeringa hipodérmica y se inyectó a un cromatógrafo de gases Varian Star 3400 Cx. Las áreas de las muestras se compararon con estándares conocidos y se calculó la producción de CO₂ y C₂H₄, empleando las siguientes formulas:

$$\text{mL CO}_2/\text{Kgh} = \frac{(\text{Am}) (\text{StCO}_2) (\text{V})}{(\text{As}) (\text{Pf}) (\text{Ti})}$$

$$\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{Kgh} = \frac{(\text{Am}) (\text{StC}_2\text{H}_4) (\text{V})}{(\text{As}) (\text{Pf}) (\text{Ti})}$$

Donde:

Am = Área de la muestra (cm²)

St CO₂ = Concentración del gas estándar / 100 (%)

St C₂H₄ = Concentración del gas estándar / 100 (μL/L)

Ti = Tiempo de incubación (h)

V = Volumen del espacio de cabeza (L)

As = Área del estándar (cm²)

Pf = Peso del fruto (kg)

5.1.2.- Índice de daño por frío.

El índice de daño por frío (IDF) se evaluó en 3 grupos de 15 frutos por tratamiento de acuerdo a una escala hedónica, basada en el grado de necrosis e intensidad de manchas negras presentes en la piel. Los frutos se clasificaron de la siguiente forma: 1= frutos sin daños (0-20% de daños en el fruto), 2= daños ligeros (hasta un 20-40% de daños en el fruto); 3= daños moderados (40-60% de daños en el fruto), 4= daños severos (60-80% de daños en el fruto) y 5= daños muy severos (80% o el total de los frutos dañado).

El índice de daño por frío se obtuvo multiplicando el número de frutos de cada tratamiento evaluado, por el número de la escala del daño. Los resultantes se sumaron y se dividieron entre el número total de frutos, de acuerdo a González-Aguilar y col. (1998).

5.1.3.- Apariencia General.

La apariencia general (AG) se determinó de acuerdo a una escala visual basada en el porcentaje del área dañada, ya sea por maduración anormal, necrosis, manchas negras y picaduras. Los frutos se clasificaron de la siguiente forma: 5= frutos sin daños (0-20% de daños en el fruto), 4= daños ligeros (hasta un 20-40% de daños en el fruto); 3= daños moderados (40-60% de daños en el fruto), 2= daños severos (60-80% de daños en el fruto) y 1= daños muy severos (80% o el total de los frutos dañado) (González-Aguilar y col., 1998).

5.2.- Evaluaciones fisico-quimicas

5.2.1.- Pérdida de peso (%)

El porcentaje de pérdida de peso de los frutos se determinó mediante una balanza granataría (ACCULAB VI-600). Para esto se registró el peso del fruto al inicio del experimento y periódicamente durante su almacenamiento y se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{(P_i) - (P_f)}{(P_i)} \times 100$$

Donde:

P_i = Peso inicial (g)

P_f = Peso final (g)

5.2.2.- Ángulo de matiz (ángulo Hue)

El color se evaluó en 4 puntos de la cáscara del fruto utilizando un colorímetro portátil Minolta CR-300, obteniéndose los valores de a* y b*. Donde a* son los cambios de color de verde a rojo, mientras que los cambios de b* son de azul a amarillo. Los valores de ambos parámetros oscilan de -60 a 60, estos valores representan los cambios de color en cada parámetro determinado. Sin embargo, para poder conocer los cambios reales de coloración en los frutos de guayaba fue necesario determinar el ángulo de matiz mediante la formula citada en el manual de colorímetro MINOLTA (1994).

$$\text{Angulo de matiz} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

5.2.3.- Firmeza (N)

Para la medición de este parámetro se utilizó un penetrómetro Chatillon Digital F (Modelo NC 27409), con una placa cilíndrica de 5 cm de diámetro y un punzón cónico de 10 mm de diámetro, el cual fue introducido en 4 áreas de la zona ecuatorial de cada fruto, la fuerza requerida para penetrar los frutos se expresó en Newton (N).

5.2.4.- Sólidos Solubles Totales, pH y % de Acidez titulable

Para estas determinaciones se emplearon las técnicas propuestas por la AOAC (1990). Se determinaron en los mismos frutos anteriores, utilizando 10 g de pulpa, la cual se homogenizó en 50 mL de agua destilada y se filtró utilizando una malla de poliéster para separar el extracto acuoso. En la determinación de los SST se colocó una gota del extracto en un refractómetro tipo ABBE (American Optical Co.) Modelo 10450 con control de temperatura a 20°C, previamente calibrado con agua. La determinación de pH y AT se efectuaron tomando alícuotas de 10 mL, las cuales se valoraron con una solución de NaOH 0.1 N, en un titulador automático Mettler Modelo DL 21.

5.2.5.- Pérdida iónica (%)

Se evaluó la pérdida iónica (%) del tejido después del almacenamiento en frío. Se colocaron tres discos de 10 mm en tubos de plástico de 50 mL que contenían 20 mL de manitol 0.3 M. Los tubos se agitaron durante 2 horas y se midió la conductividad de la disolución (conductividad inicial), empleando un Conductímetro Cole-Parmer Instrument Co, EC METER 1481-6, 200 mΩ a 25°C. Posteriormente, los tubos con los discos de guayaba, se colocaron en agua hirviendo durante media hora. Se dejaron enfriar y se midió la conductividad de

la disolución (conductividad final). El % PI se calculó de acuerdo a la técnica descrita por Lafuente y col. (1991).

$$\% \text{ Pérdida Iónica} = \frac{(Ci)}{(Cf) (T)} \times 100$$

Donde:

Ci = Conductividad inicial

Cf = Conductividad final

T = Tiempo

5.3.- Evaluaciones Químicas

5.3.1.- Clorofilas totales

Para el contenido de clorofilas totales (xantofilas); se utilizaron 2g de tejido de piel, se homogenizaron en 16 mL de acetona al 80%. El extracto se centrifugó a 5000 rpm durante 20 min en una centrífuga refrigerada Beckman Modelo JA. Se separó el sobrenadante y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV/VIS Perkin-Elmer λ3a a una longitud de onda de 470, 646.8 y 663.2 nm, utilizando celdas de cuarzo de 1.5 mL. El contenido de clorofilas totales se calcularon de acuerdo a la metodología descrita por Lichtenthaler (1987).

Donde:

$$Ca = 12.25 A_{663.2} - 2.79 A_{646.8}$$

$$Cb = 21.50 A_{646.8} - 5.10 A_{663.2}$$

$$Cx+c = (1000 A_{470} - 1.82 Ca - 85.02 Cb) / 198$$

Ca = Clorofila a

Cb= Clorofila b

Cx+c= Carotenos totales

A = Absorbancia

5.3.2.- Azúcares

Para la determinación de azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) se empleó el método descrito por Smith y col., (1986). Para la extracción se utilizaron 10 g de muestra, los cuales se homogenizaron con 50 mL de agua y se llevó a ebullición por 15 min. Se filtró en tela de organza y se centrifugó a 25°C por 15 min a 2500 rpm en una centrifuga Beckman Coulter, Allegra 64R. El sobrenadante obtenido se filtró en papel de 22 μ m. Se tomaron 10 μ L del extracto y se inyectó a un equipo de Cromatografía Líquida (HPLC).

Se empleó una columna μ Bondapak/Carbohydrate de 30 cm de largo por 3.9 mm de DI; con una velocidad de flujo de 1.5 mL/min y fase móvil de acetonitrilo-agua (80:20 v/v) y tiempo de 15 min. La detección se realizó en un detector UV-VIS Varian 9050, a una longitud de onda de 192 nm. Los estándares comparados para cada carbohidrato fueron al 4% (p/v). Se realizaron 4 repeticiones por tratamiento.

5.3.3.- Vitamina C

La determinación de vitamina C se llevó de acuerdo al método descrito por Doner y Hickt (1981). Para la extracción se utilizaron 10 g de pulpa, los cuales se homogenizaron por 2 min con 50 mL de una solución de ácido acético glacial (80 mL) y ácido metafosfórico (30 g /L). Se filtró en tela de organza y se centrifugó (4°C) por 15 min a 10,000 rpm en una centrifuga Beckman Coulter, Allegra 64R. El sobrenadante se filtró en papel de 22 μ m. Posteriormente, se tomaron 10 μ L y se inyectó a un equipo de HPLC.

Se empleó una columna Waters-NH₂ tipo μ Bondapak de 3.9 por 300 mm de diámetro y longitud (con forma de espiral), con un empaque de 10 μ m de tamaño de partícula. Se utilizó una velocidad de flujo de 1.5 mL/min y fase móvil acetónitrilo-fosfato de potasio (75:25 v/v), el tiempo de duración fue de 15 min. La detección se

Materiales y Métodos

realizó en un detector UV-VIS Varian 9050, a una longitud de onda de 268 nm. Se realizaron 4 repeticiones para cada tratamiento.

5.4.1.- Fenoles totales

Se utilizaron 2g de muestra fresca la cual se homogenizó con un homogenizador Janke & KuneL Ika-Labortechnik ultra-Turrax T25 a 8000 rpm con una solución de 5 mL de Etanol + Ac. Caféico. Se dejó reposar 2 horas en plena oscuridad. La mezcla se filtró en papel Whatman # 1. Se agregaron 40 µL del extracto a 60 µL etanol, 400 µL de agua, 500 µL de reactivo Folin-Ciocalteau (50:50 v/v) y 5 mL de reactivo de una solución la cual contenía 2 g de Na₂CO₃ por cada 100 mL de NaOH 0.1N. El tubo se agitó en un vortex Vortex-2 Genie Scientific Industries, Modelo G-560. Se reposó durante 30 min en la oscuridad, finalmente se midió la cantidad de fenoles totales contenidos en cada tubo en un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 3a UV/VIS a 724 nm. Los datos se calcularon a partir de la metodología descrita por Lichtenthaler (1987).

$$\text{Fenoles totales (mg / g.p. fresco)} = \frac{(A) (0.125)}{(Pf)}$$

Donde:

A = Absorbancia

Pf = Peso fresco (g)

5.4.- Evaluaciones enzimáticas

5.4.2.- Actividad PAL

Se pesaron 5g de piel del fruto y se homogenizaron con un homogenizador Janke & KuneL Ika-Labortechnik ultra-Turrax T25 a 13800 rpm, durante 1 min con 50 mL de acetona. Se dejó reposar 15 min, posteriormente se filtró el homogenizado en papel Whatman # 1. Se homogenizó con 50 mL de acetona, dejando reposar otros 15 min, de nuevo se filtró. Fue necesario repetir la homogenización con 25 mL hasta clarificar la muestra, repitiendo los pasos anteriores. Finalmente se lavó el sobrenadante cuantas veces fue necesario hasta que los polvos de acetona quedaron blancos. Se dejaron secar durante 12 h en una atmósfera de acetona, al momento de recolectar los polvos de acetona se pesó el total de los polvos obtenidos y se almacenaron a -40°C.

Para la medición de la enzima PAL se pesaron 0.4 g de polvo de acetona y se agregaron 15 mL de buffer de borato de sodio, la mezcla se agitó durante 45 min a 4°C. Se filtró con doble tela de organza y centrifugó a 10000 rpm durante 45 mins a -4°C en una centrífuga Beckman Coulter, Allegra 64R. Se separó el sobrenadante para tomar un poco de muestra en tubos eppendorf, la cual se empleó para cuantificar la cantidad de proteína. Al resto del sobrenadante se le midió el volumen total y se agregaron 27 g de sulfato de amonio por cada 100 mL.

Posteriormente, se agitó durante 30 min a 4°C, se centrifugó a 10000 rpm durante 45 mins y se re-suspendió en 4.5 mL del buffer de acetato de amonio. Se midió la actividad de la enzima, agregando a las celdas de cuarzo 4 mL de agua HPLC desionizada y 2 mL de extracto, que se utilizó como blanco y la otra contenía 3.4 mL de agua HPLC desionizada, 0.6 mL de L-fenilalanina, 2 mL de extracto y se dejó reposar a 40°C durante 45 mins.

El extracto se leyó a 290 nm en un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 3a UV/VIS spectrophotometer. La actividad se determinó a partir de la metodología descrita por Martínez-Téllez y LaFuente, (1997).

5.4.3.- Actividad LOX

Se pesaron 2g de polvos de acetona y se les agregó 20 mL de una solución de Tris-HCl 0.2 M (pH 8.4). Esta mezcla se homogenizó durante 3 min a 15000 rpm a 4°C, posteriormente se centrifugó 2 h a 10000 rpm, donde se separó el sobrenadante y se almacenó a -40°C para medir cantidad de proteína. El resto del sobrenadante se mezcló con 157.2 μ L Ac. linoleico, 157.2 μ L Tween-20 y 10 mL de agua HPLC desionizada y se dejó reposar media hora.

Posteriormente se diluyó en 200 mL de Buffer de fosfato de sodio 0.2 M pH 7.0 y se clarificó con 1 mL de NaOH 1N en 50 mL de agua HPLC desionizada. La solución se atemperó en un baño de agua a 25°C por 10 min antes de usarse.

Se emplearon celdas de cuarzo donde, la blanco era agua HPLC y la muestra contenía, 0.3 mL de extracto de enzima y 2.7 mL de sustrato. Finalmente, se midió la diferencia de absorbancia a 234 nm en un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 3a UV/VIS spectrophotometer. La actividad se determinó a partir de la metodología descrita por Villafuerte y Barrett, (1997); Anthon y Barrett (2000).

6.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para este trabajo se utilizó un diseño completo al azar. Este diseño se emplea generalmente cuando se comparan varios tratamientos y cada uno de ellos debe estar presente una solo vez en cada uno de los bloques, es decir, si se tiene b bloques y cada uno de ellos está integrado exactamente por t unidades experimentales. (Douglas, 1991).

$$Y_{ij} = \mu + t_i + x_{ij}$$

Para el experimento, las medias de los datos se compararon con la prueba de Tukey-Kramer con un nivel de significancia al 5%, utilizando el paquete estadístico NCSS (1996).

7.- RESULTADOS

7.1.- Evaluaciones fisiológicas

7.1.1.- Tasa de Respiración.

En las figuras 6A y B se observa la tasa de respiración (TR) de los frutos de guayaba almacenados a 5°C. No se encontraron diferencias significativas en el comportamiento de la TR en las 2 variedades estudiadas, durante su almacenamiento a 5°C (apéndice A1 y 2). Sin embargo, después de 5 días a 5°C se observó una notable disminución en la TR de los frutos de ambas variedades, independientemente de los tratamientos. La TR disminuyó de 68 y 51 mL CO₂/Kg h hasta niveles de 27 y 38 mL CO₂/ Kg h en la variedad hawaiana blanca "HB" y la variedad hawaiana roja "HR", respectivamente.

Los frutos control de ambas variedades presentaron la mayor producción de CO₂ después de 5 días a 5°C y de haber sido transferidos 2 días a 25°C. No se observaron cambios apreciables en la TR en ambas variedades. Sin embargo, en la segunda transferencia (10 días a 5°C), se observó un aumento en la TR en todos los tratamientos al primer día de transferencia a 25°C, para posteriormente disminuir hasta niveles parecidos a los observados en la primera transferencia. Este aumento fue mayor en los frutos de la variedad "HB" tratados con MJ 10⁻⁴ M, pero no así para los de la variedad "HR", siendo los frutos testigo los que presentaron la mayor TR.

En la tercer transferencia (día 15) el tratamiento MJ 10⁻⁶ M presentó un ligero incremento en la TR con respecto a los otros tratamientos en la variedad HR, mientras que en el último día de almacenamiento a 25°C, los frutos tratados con MJ presentaron la mayor TR, en ambas variedades.

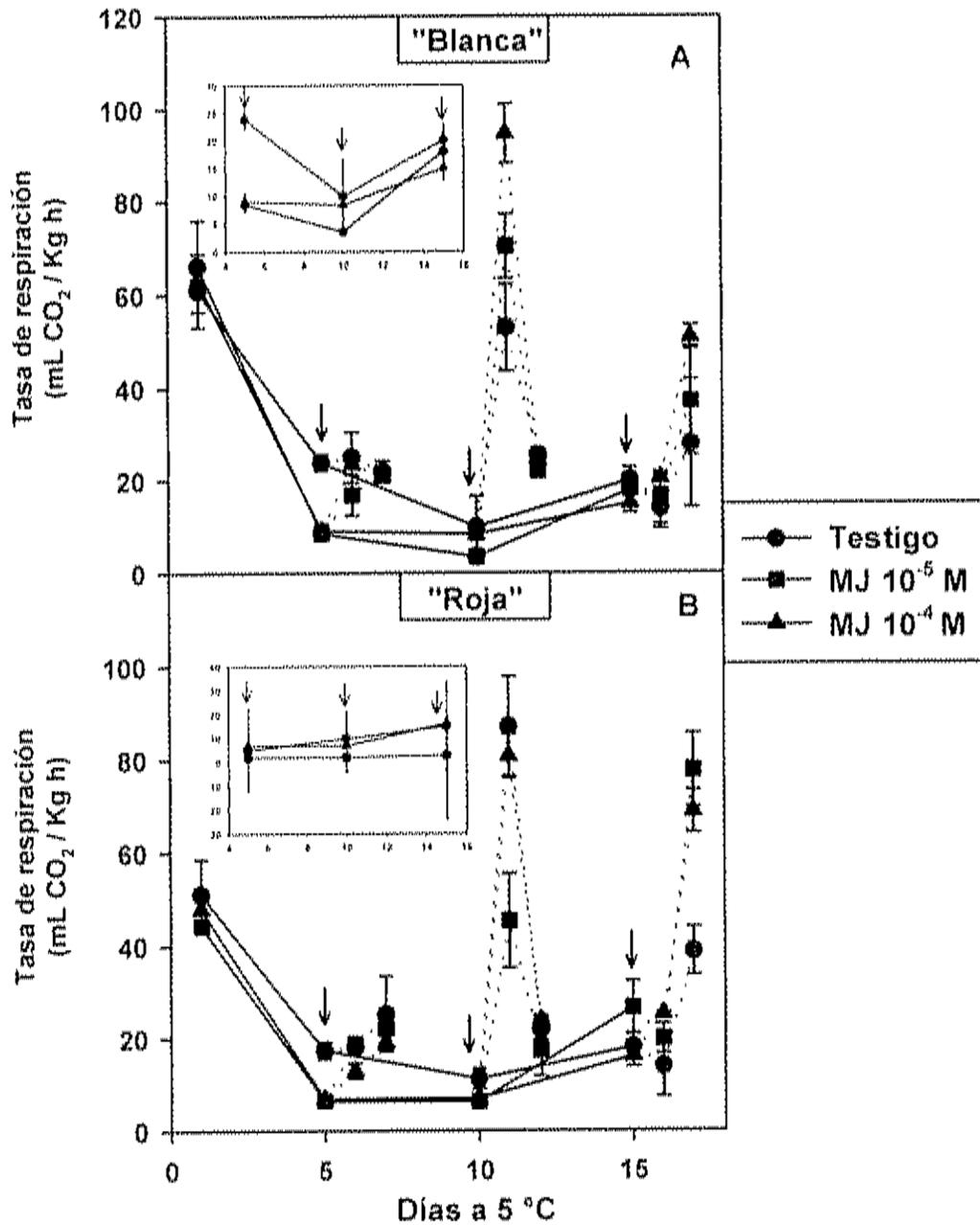


Figura 6.- Tasa de respiración de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A) y "Hawaiana Roja" (B) tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

En general, se observó un incremento considerablemente en la TR de los frutos testigo y los tratados con MJ después de la transferencia siendo más notable en los frutos tratados con MJ 10^{-4} M en la variedad HB y los frutos testigos en la variedad HR. Un comportamiento similar reportaron González-Aguilar y col. (1998 y 2000), en frutos de mango tratados con MJ durante el almacenamiento a 7°C y después de haber sido transferidos a 25°C.

Sin embargo, Pérez y col., (1997), encontraron que el tratamiento con MJ aumentó la tasa de respiración y producción de etileno de frutos de fresa. Al parecer la respuesta del producto al tratamiento con MJ, difiere considerablemente con el tipo de tejido. En manzanas se observó que el tratamiento con MJ, incrementó la tasa de respiración del producto (Pérez y col., 1993).

El aumento en la tasa de respiración observada en el presente estudio, concuerda con los resultados reportados previamente en otras variedades de guayaba, almacenadas a bajas temperaturas y transferidas a temperaturas superiores (De la Cruz y col., 1998). La disminución de la TR en las 2 variedades después de 5 días a 5°C, puede atribuirse al descenso en la temperatura de almacenamiento a la que fue sometida.

7.1.2.- Producción de etileno.

La guayaba es un fruto climatérico, el cual exhibe un aumento en la producción de etileno durante su maduración (Akimie y Goo, 1979 y Broughton y Leong, 1979). El tratamiento con MJ no tuvo un efecto significativo en ambas variedades, ya que no se observaron diferencias significativas durante su almacenamiento a 5°C y periodo su periodo de almacenamiento 2 días a 25°C (apéndice A1 y 2). Se puede observar que cuando se realiza la primer transferencia, los frutos presentan una marcada disminución en la producción de etileno, siendo similar en las dos variedades estudiadas (Figuras 7A y B).

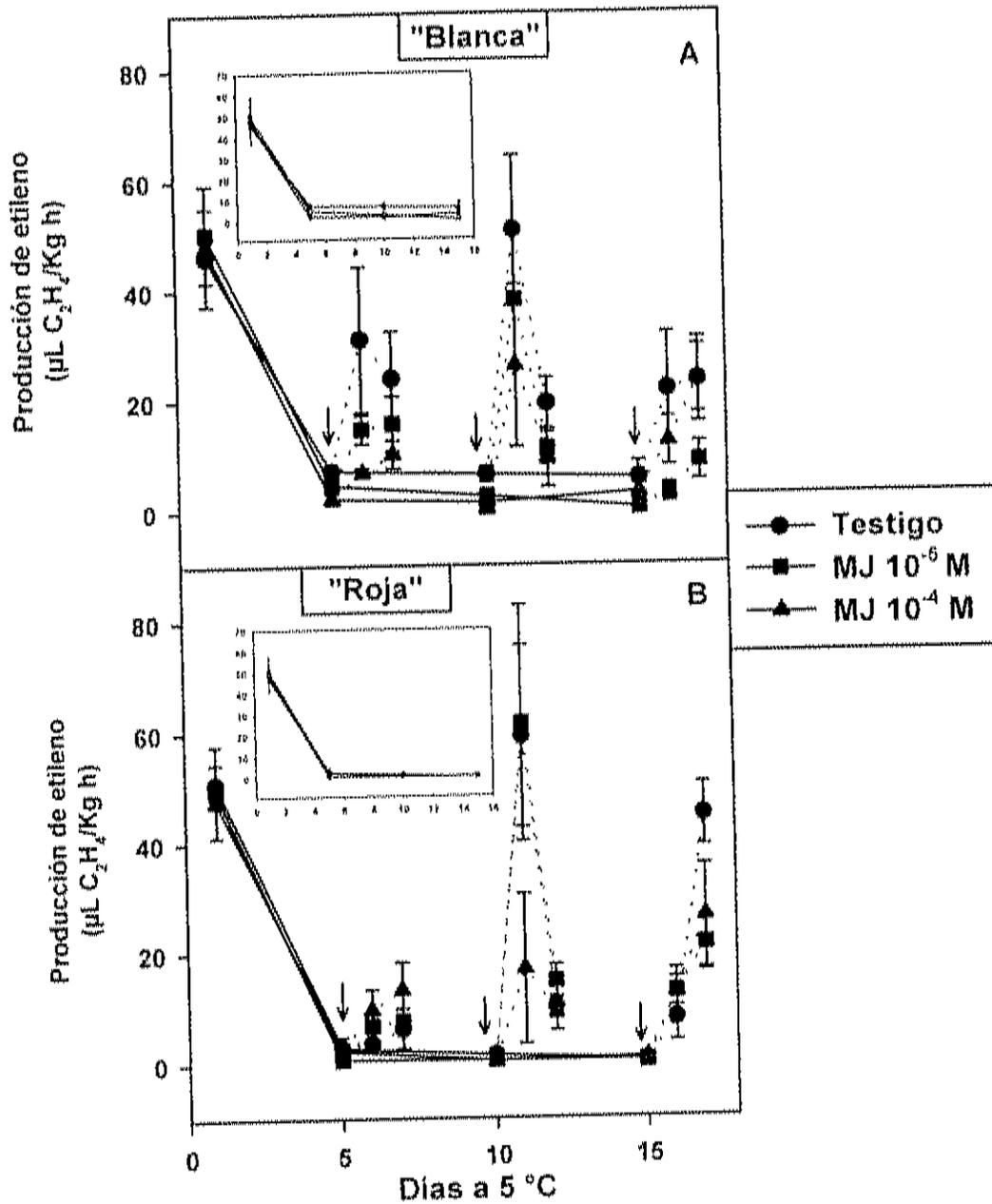


Figura 7.- Producción de etileno de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A) y "Hawaiana Roja" (B) tratados con MJ tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

En la primer transferencia a 25°C en la variedad HB, la producción de etileno en los frutos testigo es mayor que la de los frutos tratados con MJ (Figura 7A). Este mismo comportamiento sucede durante casi todo el almacenamiento, donde los frutos tratados con MJ de la variedad HB tienen una menor producción de C₂H₄ con relación a los frutos control. Mientras que en la variedad HR no es tan notable dicho evento.

Durante la segunda transferencia, se observaron los máximos niveles de producción de etileno, alcanzados después de ser transferidos a 25°C. El tratamiento MJ 10⁻⁴ M presentó una menor producción de etileno durante las primeras dos transferencias en la variedad HB. Sin embargo, en la última transferencia tuvo valores similares a los frutos testigo. Por otro lado, los frutos tratados con MJ 10⁻⁵ M mostraron valores menores a los frutos testigos durante todo el período de almacenamiento.

Los frutos HR y HB mostraron un comportamiento similar en ambas variedades, al momento de la primer transferencia. Pero se pueden observar cambios entre variedades, ya que los frutos de la variedad HR presentan mayores niveles de producción de C₂H₄ que los de la variedad HB en la segunda transferencia (Figura 7B). Además, los frutos tratados con MJ 10⁻⁴ M de la variedad HR exhiben un comportamiento diferente a la variedad HB, ya que sus valores son menores a los frutos testigo y los tratados con MJ, los cuales muestran valores similares durante la segunda transferencia a 25°C. Al final del almacenamiento, la variedad HR se comporta de forma similar entre los tratamientos, teniendo una mayor producción de etileno los frutos testigo.

El aumento de etileno en la segunda transferencia puede estar relacionado con el inicio de la aparición de los síntomas de deterioro y de DF del producto. Es conocido que después de la transferencia de una temperatura baja a otra superior, estos síntomas se hacen más evidentes y visibles, reduciendo considerablemente la calidad del producto fresco. Sin embargo, estos aumentos

Resultados

parecen estar mas relacionados con el cambio en el aumento de temperatura de almacenamiento que con la aparición de los daños en el producto.

La producción promedio de etileno reportada en guayaba almacenada a 20°C es de 15.3 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{Kg h}$ (Rodríguez-Félix, 1991). Los valores encontrados en este estudio se acercan a los valores reportados. Aunque Kader y col. (1992), reporta que la producción de etileno varía de 1 a 20 $\mu\text{L}/\text{kg h}$ durante el almacenamiento a 20°C. La producción máxima en frutos de la variedad "criolla" de Calvillo Aguascalientes fue de 15.3 $\mu\text{L}/\text{kg h}$, y en frutos de la variedad India fue de 15.5 $\mu\text{L}/\text{kg h}$, después de 15 días de almacenamiento a 25°C (Siddiqui y col., 1991). Con lo anterior se deduce que la producción de etileno en guayaba depende de la variedad, además, el promedio de producción de C_2H_4 en guayaba esta considerada como moderada, dentro de los frutos tropicales (Yusof y Mohamed, 1987).

Existen reportes contradictorios del efecto del MJ en la producción de C_2H_4 en diferentes frutos, ya que algunos autores reportan que estimula la producción de etileno, en tulipanes (Saniewski y col., 1998), incrementa la concentración de etileno en todos los estados de maduración de tomates (Saniewski y col., 1987), en fresas (Moline y col., 1997), además promueve la producción de etileno en manzanas preclimáticas e inhibe en postclimáticos (Saniewsky y col., 1997).

La reducción en la producción de etileno de los frutos tratados con MJ al final del almacenamiento podría estar relacionado con el tratamiento aplicado en las dos variedades estudiadas en los días 16 y 17. Aunque existen reportes contradictorios en los efectos de la aplicación del MJ, algunos autores mencionan que este tratamiento aumenta la producción de C_2H_4 en manzanas "Golden Delicious" debido al incremento de la actividad de las enzimas ACC sintasa y ACC oxidasa (Ollas y col., 1991).

Otros autores mencionan que la TR de arroz tratado con MJ, disminuye significativamente la producción de etileno durante las primeras 24 h (Tsai y col., 1996). De la misma forma, el MJ puede inhibir la producción de etileno en frutos climatéricos (Saniewsky y col., 1997). Los resultados encontrados en los frutos de

guayaba de las dos variedades estudiadas presentan un comportamiento similar a lo reportado por los últimos autores, es decir su decremento es muy marcada al inicio del experimento y posteriormente disminuye paulatinamente, siendo más notorio en los frutos de HB tratados con MJ.

7.1.3.- Índice de daño por frío.

Los productos de origen tropical y subtropical, tales como mango, papaya, aguacate, piña y guayaba son muy sensibles al frío. La exposición de estos productos por debajo de su temperatura óptima de almacenamiento, puede producir diferentes tipos de DF, los cuales varían con el tipo de producto y tiempo de exposición así como las condiciones ambientales a las que estuvieron expuestos durante su desarrollo y maduración (Paull, 1994; Wang, 1993).

En el presente trabajo se observó un aumento continuo en la aparición de los síntomas de DF en los frutos de guayaba almacenados a 5°C (figuras 8A y B). Sin embargo, el desarrollo del DF fue más evidente en los frutos testigo, después de haber sido transferidos por 2 días a 25°C en las dos variedades estudiadas. Se observó que el tratamiento de MJ redujo significativamente la aparición de los síntomas de DF, en ambas variedades durante los primeros 12 días de almacenamiento. Sin embargo, después de este período no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados (Apéndice A1 y 2).

Estos resultados concuerdan con los encontrados previamente en frutos de guayaba almacenados a 5°C, donde los síntomas de DF aparecieron después de 4 días de almacenamiento (Yahia, 1999). En los frutos testigo de la variedad "HB", se observaron ligeros aumentos en los síntomas de DF después de 7 días de almacenamiento. Sin embargo, los tratados con MJ presentaron significativamente menores síntomas de DF (Apéndice A1 y A2). Los frutos de la variedad HB tratados con MJ 10^{-4} M, presentaron valores menores que los MJ 10^{-5} M después de 12 días de almacenamiento. En esta misma variedad después de 15 días de almacenamiento

Resultados

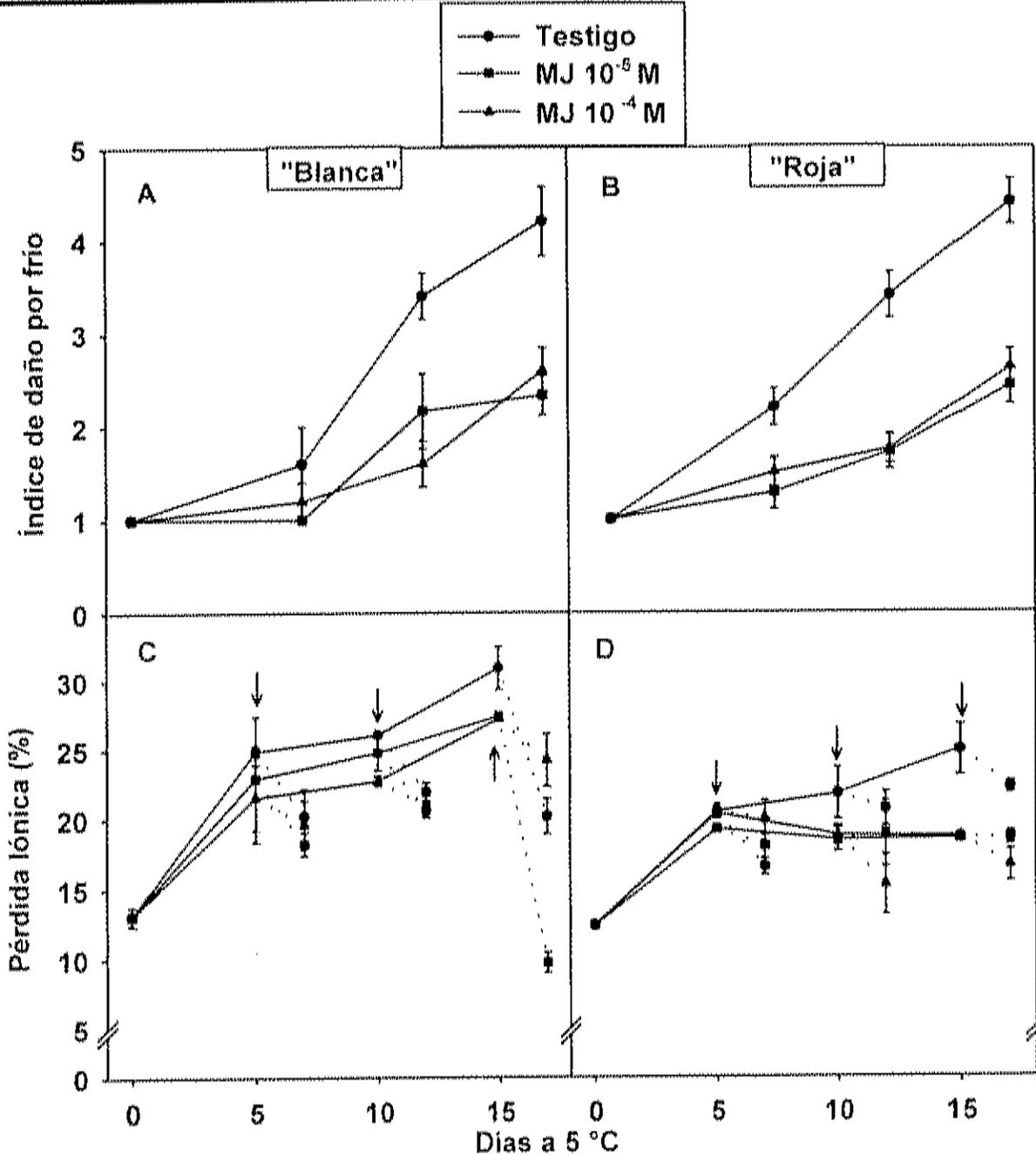


Figura 8.- Índice de daño por frío (A y B) y pérdida iónica (C y D) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A y C) y "Hawaiana Roja" (B y D), tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

almacenamiento, se observó que el tratamiento MJ 10^{-5} M presentó los menores síntomas de DF que los tratados con MJ 10^{-4} M. Al parecer, la alta susceptibilidad de los frutos de guayaba a bajas temperaturas, puede reducirse con la aplicación de MJ. Un comportamiento similar se observó en la aplicación de MJ 10^{-6} M redujo los síntomas de DF en frutos de mango de la variedad "Tommy Atkins," (González-Aguilar y col., 2001).

Los síntomas de DF en frutos de guayaba se manifestaron en forma de picado y manchado de la piel y pulpa, así como maduración anormal. Se observaron áreas del fruto que no maduró normalmente, a pesar de haber sido transferidos 2 días a 25°C.

Para el caso de la variedad HR, los síntomas fueron aparentes durante todo el periodo de almacenamiento con un incremento gradual y constante. Al igual que la variedad HB, los frutos testigo presentaron diferencias significativas a partir del séptimo día de almacenamiento. En este periodo de tiempo, los frutos testigo alcanzaron valores de IDF de 2.2, mientras que los tratados con MJ 10^{-5} M y MJ 10^{-4} M tan solo de 1.28 y 1.5, respectivamente. En el día doce, no se observaron cambios entre los frutos tratados con MJ, pero sí en los frutos testigo. Al final del experimento, los frutos testigo presentaron daños entre 40-45%, mientras que los tratados con MJ 10^{-5} M y MJ 10^{-4} M fue de tan sólo un 10% y 18%, respectivamente.

Al parecer la efectividad del tratamiento con MJ fue muy similar en ambas variedades evaluadas, ya que se redujo cerca de un 20 a un 25% los síntomas de DF en los frutos de guayaba almacenada a 5°C, comparados con los testigo. La disminución de la aparición de los síntomas de DF parece estar relacionada con el incremento de la producción de azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) y en la reducción del % de pérdida iónica. Aunque también la degradación de clorofilas, la pérdida de firmeza y la disminución en la apariencia general del producto, tienen una estrecha correlación con el desarrollo de DF. Wang (1990), menciona que una de las respuestas del fruto a bajas temperaturas, es un aumento en la TR, esta relación se

presentó en los frutos de guayaba al momento de la aparición de los síntomas de DF, los cuales presentan una correlación significativa, la cual se observó en las dos variedades en estudio, después de cada transferencia a 25°C.

Varios estudios, demuestran que los síntomas de DF favorecen significativamente el ataque de patógenos y conllevan a la pérdida de calidad del fruto. Sin embargo, se ha visto que el tratamiento con MJ reduce los síntomas de DF en frutos de aguacate "Hass" en un 30 % (Mier y col., 1996). Los resultados obtenidos en el presente estudio, coinciden con los observados en otros frutos sensibles al frío y tratados con MJ (Wang y Buta, 1994; González- Aguilar y col., 2000 y 2001).

7.1.4.- Apariencia general.

La mayor parte de los frutos de guayaba se destinan al consumo en fresco, ya sea en consumo doméstico o de exportación, pero son altamente perecederos, limitándose considerablemente su comercialización. Por ello se requiere mantener por más tiempo posible la buena apariencia general de los frutos durante su mercadeo (Wilson, 1980).

La AG tiende a disminuir conforme pasan los días en los frutos de guayaba (figuras 9C y D). Durante el almacenamiento, se observó una disminución de la calidad, siendo menor en los frutos HB. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la AG de los frutos tratados con MJ en las dos variedades estudiadas (Apéndice A1 y 2).

En México la guayaba se clasifica en 5 grados de calidad para su comercialización en: calidad extra, la cual normalmente se emplea para la exportación, la de calidad 1, 2 y 3 donde estas son normalmente para consumo nacional y por último la de rezaga, la cual es industrializada. Este último grado de calidad es generalmente mala, y por lo general no es agradable a la vista del consumidor (Rodríguez, 1991). Al día 12 los frutos testigo de ambas variedades presentaron

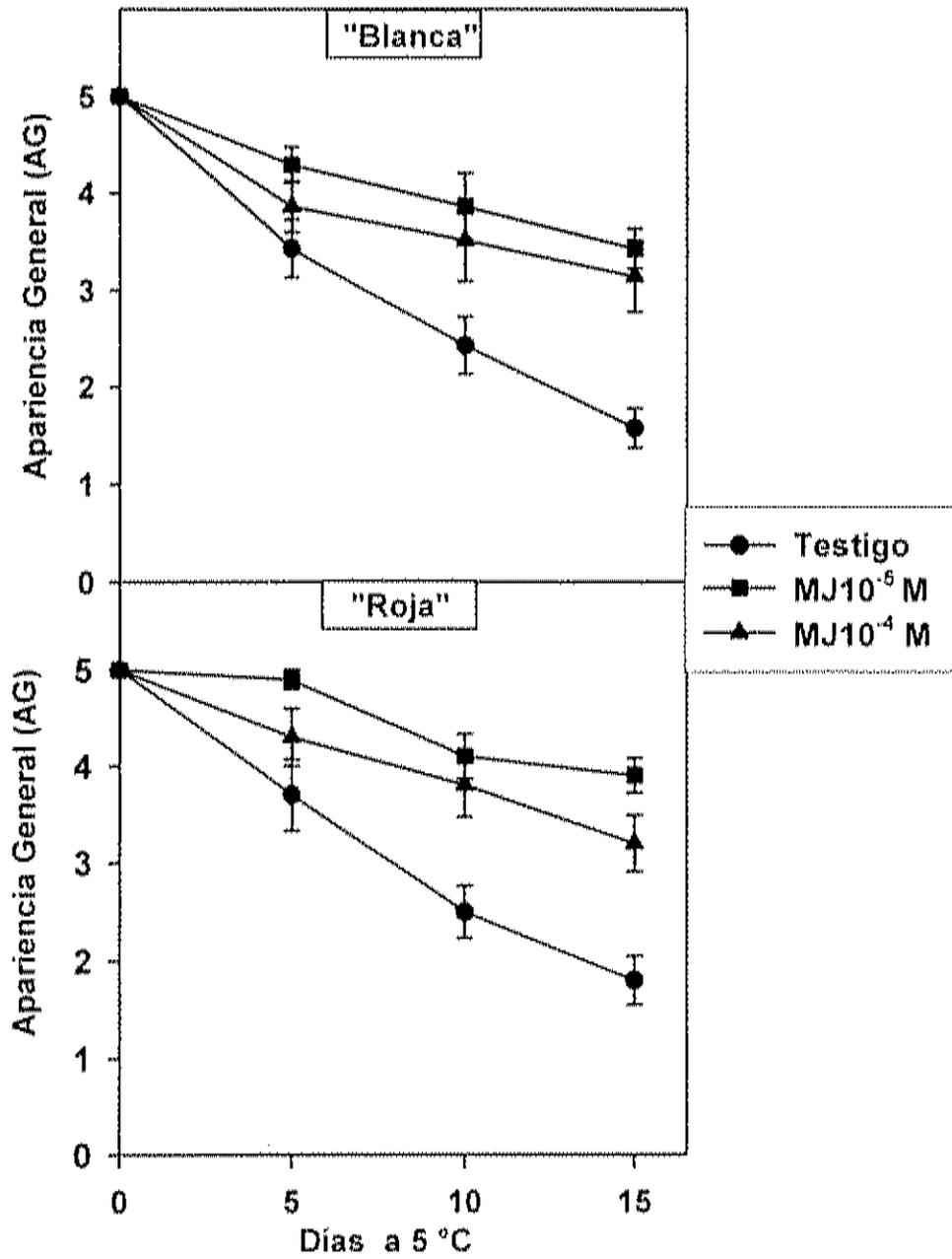


Figura 9.- Apariencia general de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A) y "Hawaiana Roja" (B) tratados con MJ y almacenados a 5°C.

Resultados

una calidad pobre. La disminución tan severa que tienen los valores de la AG en los frutos testigo está quizás relacionada con el deterioro que sufren los frutos por el DF.

Por otra parte a los 17 días de almacenamiento los valores máximos de los frutos tratados con MJ 10^{-4} M y MJ 10^{-5} M fueron de 3.14 y 3.42, respectivamente. Estos últimos son de mala calidad, por lo tanto no son aceptables al gusto del consumidor. La reducción tan marcada en la AG de los frutos testigos podría estar relacionada con el deterioro que sufren los frutos, los cuales se incrementan cuando son transferidos a 25°C, donde los síntomas de DF son más aparentes.

Los frutos de la variedad HR presentan un comportamiento similar al observado por los frutos HB. Esto se ve reflejado en los valores obtenidos al final del experimento. Donde los valores mínimos que presentaron los frutos HR en el día 17 son de 1.8, para los testigos y 3.2 y 3.9 para MJ 10^{-4} M y MJ 10^{-6} M respectivamente. En esta variedad los frutos tratados con MJ no disminuyeron sus valores hasta los límites mínimos aceptables de calidad de los frutos de guayaba. Al parecer el tratamiento con MJ disminuye el IDF y mantiene la AG durante el almacenamiento a 5°C.

En estudios previos se encontró que la aplicación foliar de MJ protege a las plantas de papas y tomates contra el ataque de *Phytophthora infestans* (Cohen y col., 1993). El tratamiento de MJ reduce las lesiones en los tallos de rosas cortadas (*Rosa híbrida* L. "Mercedes") (Mier y col., 1998). En fresas (*Fragaria xananassa* Duch "Dalmarvel") (Buta y Moline, 1998), y protege efectivamente contra *Botrytis cinerea* (Moline y col., 1997). Por lo tanto el tratamiento con MJ podría ser utilizado para mantener la calidad de guayaba por 10 días a 5°C, sin embargo, para tiempos prolongados parece no ser efectivo este tratamiento.

7.2.- Evaluaciones fisico-químicas

7.2.1.- Pérdida de peso

La pérdida de agua por transpiración puede ser una de las principales causas de deterioro de los frutos, debido a que no solo causa pérdidas en la apariencia debido al marchitamiento y pérdida de textura, si no que también causa pérdidas cuantitativas a lo largo de su almacenamiento (Kader, 1985).

En el presente experimento se observó que los frutos de las dos variedades almacenados a 5°C presentaron un patrón similar en la pérdida de peso (figuras 10A y B). Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de ambas variedades, siendo mayor en la variedad HB (Apéndice B1 y 2). Los frutos testigo de la variedad HB presentan una mayor pérdida de masa durante todo el almacenamiento. Este efecto es más notable al momento de la primer transferencia con una PP de 1.90%. Estos valores son superiores a los observados en los frutos tratados con MJ 10^{-5} M (1.74%) y MJ 10^{-4} M (1.41%). Este efecto se va haciendo más notorio a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento. En la segunda y tercer transferencia, la diferencia entre los tratamientos se redujo.

El gran aumento en el %PP después de transferir los frutos de 5 a 25 C, es debido al incremento en las reacciones metabólicas, así como a la mayor tasa de transpiración y de pérdida agua del producto al medio ambiente (Siddiqui y col., 1991). La pérdida de peso que presentan los frutos de la variedad HR, puede estar relacionado con el grosor de la cáscara, ya que presentan una menor permeabilidad al vapor de agua (Paull y col., 1989; Lazan y Ali, 1997). Este mismo efecto se presentó al realizar una comparación entre frutos de guayaba Criolla Roja y San Miguel, bajo las mismas condiciones de almacenamiento, donde se encontró diferencias en la pérdida de peso (Laguado y col., 1998).

Resultados

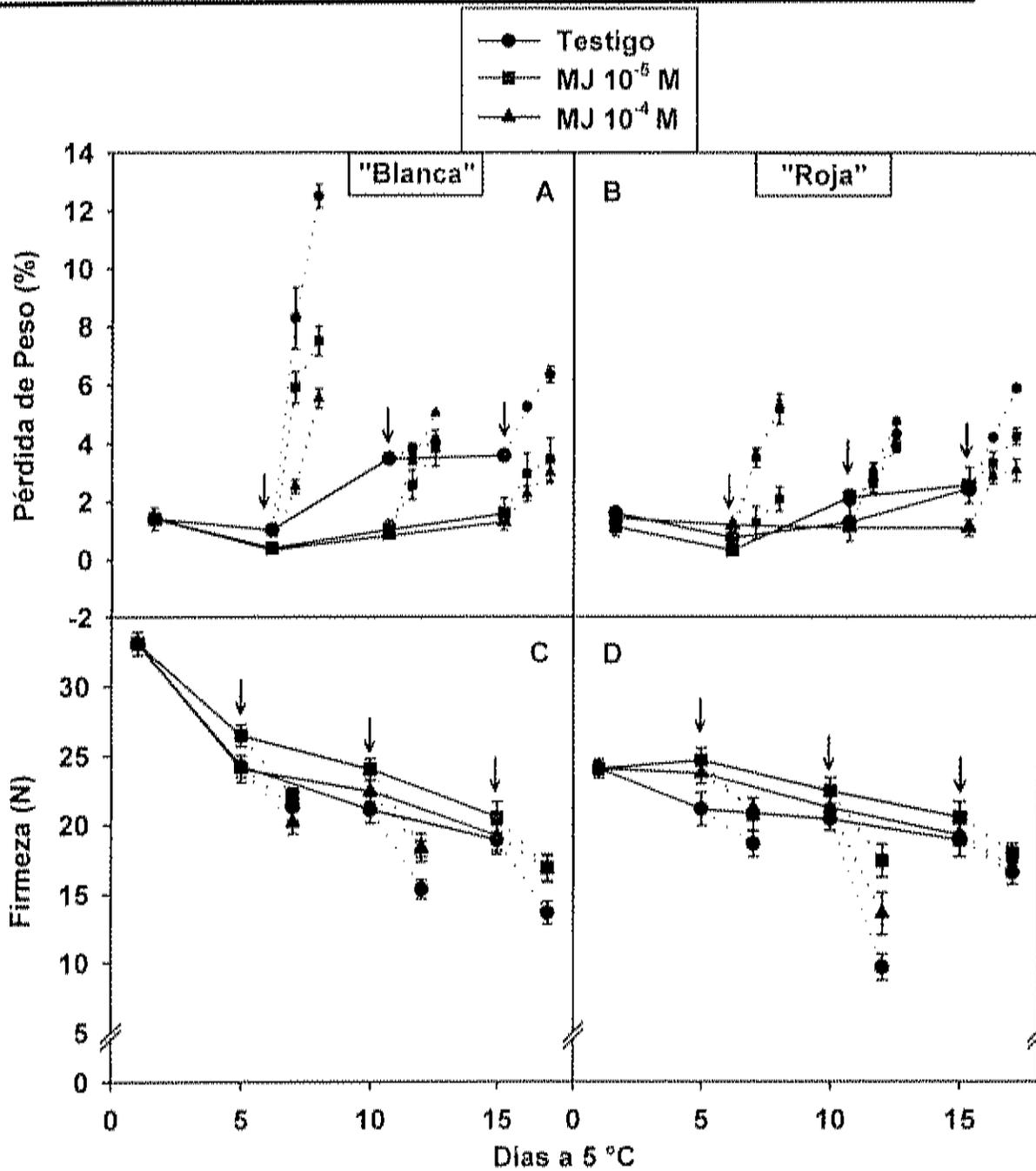


Figura 10.- Pérdida de peso (A y B) y Firmeza (N) (C y D) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A y C) y "Hawaiana Roja" (B y D) tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

El incremento del porcentaje de pérdida de peso que presentan los frutos de guayaba al ser transferidos a temperaturas superiores, está en función de la temperatura y la humedad relativa de almacenamiento (Vázquez y Colinas, 1987; Siddiqui y col., 1991). En un estudio realizado con la variedad de guayaba criolla almacenada durante 4 semanas a diferentes temperaturas y humedades relativas, se encontró que las guayabas almacenadas a 11°C con una humedad relativa de 80-88% presentaron un mayor %PP que los almacenados a 7°C, debido al efecto de la temperatura (Vázquez y Colinas, 1987).

En los frutos de la variedad HR la diferencia de pérdida de peso es menos representativa entre los tratamientos al momento de las transferencias. Sin embargo, los frutos testigo y MJ 10⁻⁵ M, fueron los que presentaron mayores pérdidas de peso durante todo el periodo de almacenamiento.

7.2.2.- Ángulo de matiz

El color de los productos frescos es uno de los atributos de calidad más importante en la comercialización de frutas y hortalizas. A pesar de que el color no es una medida de la calidad en sabor, nutricional y características funcionales del producto, pero sí tiene un efecto significativo en las preferencias del consumidor y decisión de compra del producto (Lazan y Ali, 1997). Por esta razón es importante conocer los cambios de color en los frutos de guayaba.

Los cambios del ángulo de matiz en la piel de los frutos de guayaba tratados con MJ previo almacenamiento a 5°C, son mostrados en las figuras 11A y B. Se encontraron diferencias significativas en el ángulo de matiz entre los tratamientos de cada variedad. Las diferencias de color son notables desde el inicio del experimento en ambas variedades. Estas diferencias son en la variedad HB, ya que los frutos testigos presentan una mayor degradación de color al momento de la primer transferencia, con relación a los frutos tratados con MJ. Mientras en la variedad HR se presentan diferencias estadística hasta el séptimo día (Apéndice B1 y 2).

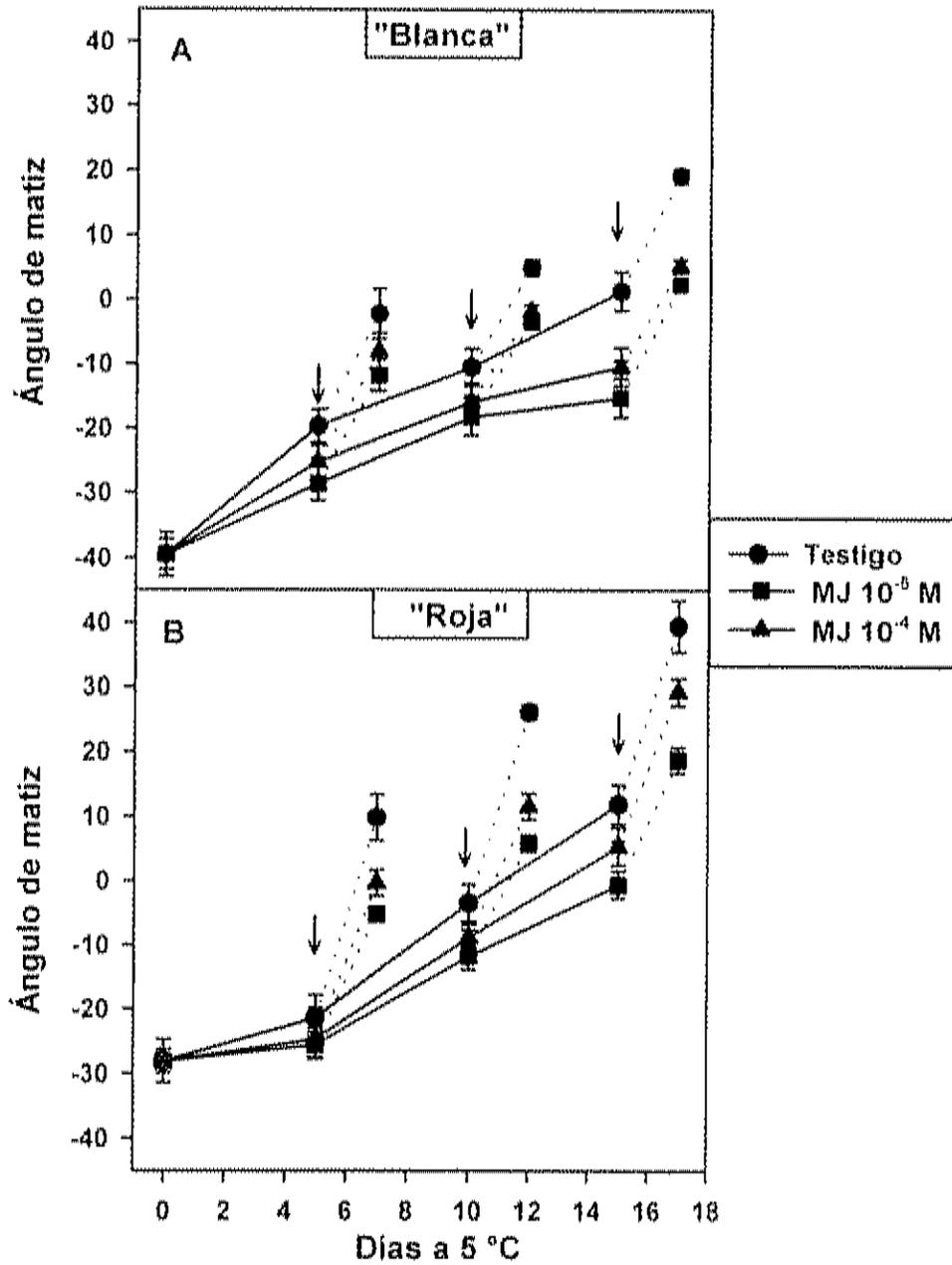


Figura 11.- Ángulo de matiz en los frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A, C y E) y "Hawaiana Roja" (B, D y F) tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

En general se observó un aumento paulatino durante el período de almacenamiento en el ángulo de matiz. Sin embargo, los frutos tratados con MJ de las dos variedades son los que presentaron menores cambios de color en el almacenamiento. Aunque entre las dos concentraciones de los frutos tratados con MJ no hay diferencias. Pero existe una tendencia a incrementar sus valores en el ángulo de matiz a lo largo del experimento en los frutos MJ 10^{-5} M. Mientras que los frutos testigos de ambas variedades son los que presentan mayores cambios en color, siendo más severo en los frutos de la variedad HR al final del almacenamiento.

Se sabe que los compuestos responsables de los cambios de color en frutos son las clorofilas, las cuales son responsables de los cambios de color verde a amarillo (Ben-Yehoshua, 1985). En un estudio previo se encontró que el tratamiento con MJ en manzanas, favorece la degradación de clorofila, dando como resultado una coloración amarilla en la piel del producto (Pérez y col., 1993).

Los frutos de guayaba HB que fueron expuestos a gases de MJ, mantuvieron mayor tiempo su color verde durante las transferencias, en relación con los testigos. Los carotenos son constituyentes normales en el mecanismo fotosintético de los cloroplastos, por lo tanto, los frutos en estado de madurez presentan mayores niveles de carotenos que los frutos inmaduros (Pérez y col., 1993). En un estudio previo, se encontró que la exposición de manzanas a vapores de MJ (8 ppm) por 4 horas a 25°C, incrementó considerablemente la acumulación de β -caroteno y la degradación de clorofilas (Olias y col., 1991). Por lo tanto, las diferencias de color entre los tratamientos de cada variedad, podrían estar relacionadas más con la temperatura de almacenamiento que con el tratamiento de MJ.

7.2.3.- Pérdida de Firmeza (N)

La firmeza es un factor importante que nos define el estado de madurez de los frutos de guayaba (Yusof y col., 1988). A medida que el fruto madura, se llevan a cabo diferentes reacciones de degradación que conllevan a la pérdida de firmeza del producto vegetal. Este fenómeno es más evidente a altas temperaturas de almacenamiento.

No se encontraron diferencias significativas en los cambios de firmeza de la variedad HB, después de la primer transferencia. Sin embargo, en la segunda transferencia se observaron diferencias significativas en la variedad HR (Apéndice B1 y 2). Los frutos de la variedad HB presentaron la mayor disminución de firmeza después de 12 y 17 días de almacenamiento (Figuras 10C y D). El tratamiento con MJ redujo la velocidad de pérdida de firmeza de los frutos de guayaba. Estos frutos presentaron valores de firmeza superiores a los observados en los frutos testigo. Los frutos testigo alcanzaron su mayor pérdida de firmeza a los 12 días de almacenamiento. Esto se relaciona con el incremento del IDF de los frutos ya que la correlación es de $r(0.9521)$, los cambios en el IDF fueron más evidentes después de realizar la segunda transferencia. No se encontraron diferencias significativas en el IDF entre las dos variedades de guayaba presentando una tendencia a disminuir en los frutos tratados con MJ.

El porcentaje de pérdida de firmeza fue muy similar en las dos variedades de guayaba estudiadas. Ya que la firmeza de los frutos disminuyó desde 33 a 15 N para los HB y de 24 a 10 N para HR. Estos valores son similares a los reportados por Rodríguez-Félix y col. (1992), en frutos de guayaba criolla, almacenada a 10°C por 15 días, donde los valores de firmeza oscilaron entre los 25 y 2.5 N. Se ha observado que el MJ reduce ligeramente la pérdida de firmeza en fresas (Pérez y col., 1997). De la misma forma, el tratamiento con MJ reduce la pérdida de firmeza en frutos de manzana almacenados a 20°C (Oliás y col., 1990).

Resultados

Los frutos verdes semimaduros presentan una mayor firmeza y menor pérdida de peso en ambas variedades. Se presentó una ligera disminución en la firmeza de los frutos y un aumento paulatino en la pérdida de peso con el tiempo de maduración. Las posibles causas son los cambios en la estructura y composición de las paredes celulares ocurridos, debido a la degradación o hidrólisis enzimática de los ácidos poligalacturónicos (Pantastico y col., 1979).

7.2.4.- Sólidos Solubles Totales

Los valores de SST se utilizan para dar una idea del contenido de azúcares del tejido vegetal. En general, aumentan con la maduración del producto y es más evidente a temperatura ambiente (Hermann, 1994; Lazan y Ali, 1997).

Las figuras 12 (A y B) muestran los cambios de SST en frutos de guayaba almacenados durante 15 días a 5°C, con sus respectivas transferencias a 25°C. Existen diferencias estadísticas entre los tratamientos de la variedad HB, pero no en los de la variedad HR (Apéndice B1 y 2). Durante este tiempo de almacenamiento los frutos tratados con MJ 10^{-4} M, presentaron las menores concentraciones de SST, con valores de 9.20, seguido de los frutos testigos con 9.96 y los tratados con MJ 10^{-5} M con 10.83, después de 10 días a 5°C.

Los frutos tratados con MJ 10^{-5} M alcanzaron sus máximos valores en la segunda transferencia. Al momento de realizar la tercer transferencia tienen una marcada disminución, dando como resultado valores inferiores a los demás tratamientos. Sin embargo, los frutos testigo y tratados con MJ 10^{-4} M presentaron valores similares entre ellos. Cabe mencionar que los cambios en los SST a lo largo del experimento, son similares entre los frutos testigos y tratados con MJ.

El aumento del contenido de SST es debido a los procesos de maduración donde se favorece la hidrólisis de carbohidratos de alto peso molecular como el almidón (Kumar y Hoda, 1974). Pero una vez alcanzados los niveles más altos de SST, se observa una disminución de los mismos debido a su degradación y utilización como sustratos en varias reacciones metabólicas (Siddiqui y col., 1991).

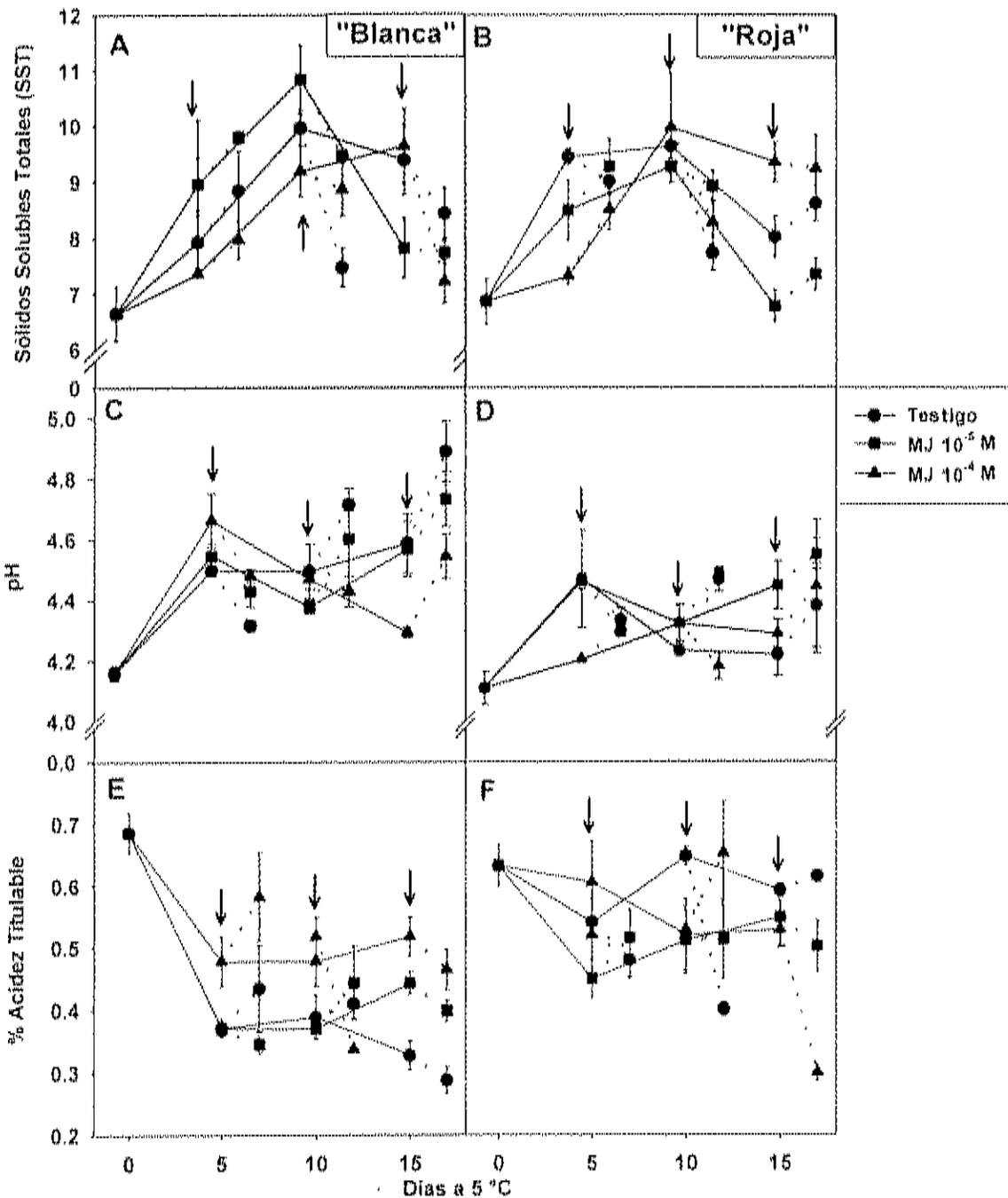


Figura 12.- Sólidos Solubles Totales (A y B), pH (C y D) y % Acidez Titulable (E y F) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A, C y E) y "Hawaiana Roja" (B, D y F) tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

Vázquez y Colinas (1987), mencionan que el contenido de SST disminuye de 17.0 a 11.0 en frutos de guayaba, después de su maduración o al inicio de la senescencia y varía dependiendo de la temperatura de almacenamiento. La respuesta de los frutos al tratamiento con MJ de la variedad HR en el contenido de SST es similar a los presentados por la variedad HR. La cantidad de SST de la variedad HR al final del experimento es inferior a la presentada por los frutos HB. Sin embargo, los valores están dentro de los reportados en otras variedades en frutos de guayaba (Muy-Rangel y col., 1999).

Existe una correlación mayor ($r=0.9021$) entre los valores obtenidos de azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa) y el contenido de SST. Esta correlación normalmente se da en la mayoría de los frutos, la cual normalmente es utilizada para conocer el contenido de azúcares en los frutos (Lazan y Ali, 1997).

Se ha reportado que la disminución de SST en otras variedades de guayaba, fue de 7.3 a 4.8 °Brix, durante su almacenamiento en atmósferas controladas a 10°C (Rodríguez-Félix y col., 1992). También, Laguado y col. (1999), reportaron un aumento en los valores promedio de SST de frutos de guayaba, los cuales oscilaron de 4 a 8.5 para frutos de las variedades "Criolla Roja" y "San Miguel" almacenadas durante 10 días a 28°C. Muy-Rangel y col. (1999), encontraron que el contenido de SST disminuyó en frutos de las variedades "Clon Java", "Hawai 74" y "Lukcnov" en condiciones de mercadeo fueron de 9.18 a 6.36, 7.2 a 6.24 y 6.9 a 8.3, respectivamente.

Se ha reportado que el tratamiento con MJ aumenta el contenido de SST en frutos de mango "Tommy Atkins" durante su almacenamiento a 5 y 10°C, y frutos de la variedad "Kent" a 7°C, con sus respectivas transferencias (González-Aguilar y col., 2000, 2001). Wang (1988), reportó que el MJ aumentó el contenido de SST en rábanos, cuando se almacenaron a 0 y 15 °C.

7.2.5.- pH.

Se observó que los cambios de pH de los frutos almacenados a 5°C con sus respectivas transferencias fue diferente. Los frutos de las variedades estudiadas HB, no presentaron diferencias significativas (Figuras 12C y D). Los frutos testigo presentaron un aumento constante siendo más notorio a la segunda y tercer transferencia. Mientras que los frutos tratados con MJ 10^{-4} M presentan un ligero aumento en el día 5, pero tiende a disminuir paulatinamente en la primer y segunda transferencia. A diferencia de los demás tratamientos su pH disminuye marcadamente los días 10 y 15. En el día 17 este tratamiento su pH disminuye en relación a los frutos testigo y MJ 10^{-5} M.

Los frutos del tratamiento MJ 10^{-5} M tienen un comportamiento similar en su pH al del tratamiento MJ 10^{-4} M en los días 5 y 10, para el día 15 su pH aumenta de forma similar al de los frutos testigos. Aunque no se presentan diferencias significativas en la última transferencia entre los frutos testigo y los tratados con MJ (Apéndice B1 y 2), pero los frutos tratados con MJ tienen una marcada tendencia a tener menos valores de pH.

Algunos autores han reportado que el pH tiene un ligero aumento en frutos de guayaba durante el almacenamiento (Robert y Good, 1983; Laguado y col., 1998). Charng-Cherng y col. (1992), reportaron un aumento de pH de 4.3 a 4.6, durante el período de maduración a 25°C. Este aumento quizás se deba al rompimiento de algunos organelos de las células que provocan el vaciado de los radicales libres lo cual puede favorecer al incremento en el pH (Yusof y col., 1988).

Se puede observar un aumento paulatino en el quinto día a 5°C en el pH en los frutos de guayaba de 4.1 a 4.8 y de 4.15 a 4.99 para la variedad HB y HR respectivamente. Sin embargo, Yusof y Mohamed (1987), reportan una disminución de 4.5 a 4.0 en el pH durante la maduración de los frutos de guayaba.

Los frutos de la variedad HR testigos y tratados con MJ 10^{-5} M tienen un marcado aumento en sus valores de pH al quinto día de muestreo y los frutos del

Resultados

tratamiento MJ 10^{-4} M tienen un aumento en sus valores de pH en relación a los demás tratamientos. Los frutos testigos y los tratados con MJ 10^{-5} M tienen un mayor decremento en la segunda transferencia con respecto a los frutos MJ 10^{-4} M. Sin embargo, con valores muy similares entre ellos. Esto no sucede en los demás muestreos, ya que los valores de los frutos testigos aumentan el día diecisiete. Mientras que los frutos tratados con MJ continúan disminuyendo. La tendencia de presentar valores de pH menores a los frutos tratados con MJ en relación a los frutos testigos, no se da de forma similar en la otra variedad de guayaba estudiada.

Al parecer los frutos de la variedad HR tienen un comportamiento similar entre los testigos y los MJ 10^{-5} M durante todo el experimento. Laguado y col. (1999), reportan valores similares de pH en frutos de guayaba "Criolla Roja" y "San Miguel" a los mencionados en este trabajo. De igual manera se encontraron valores similares en frutos de guayaba de la variedad "Dominicana Roja" (Laguado y col., 1998). Como se puede observar en las figuras 12C y D, el MJ aparentemente no afectó los valores de pH. Se ha reportado que el contenido de ácidos libres aumentan al comenzar el crecimiento y continua a medida que el fruto madura, dando como resultado un incremento en los valores del pH (Laguado y col., 1998).

7.2.6.- Porcentaje de Acidez Titulable.

La acidez titulable (%AT) fue medida como ácido cítrico en los frutos de guayaba, la cual tiene una disminución constante a lo largo del almacenamiento en las dos variedades estudiadas. Sin embargo fue más notoria esta disminución en la variedad HB (Figuras 12E y F). En el primer muestreo los frutos MJ 10^{-4} M tienen una menor disminución en relación a los testigos y los MJ 10^{-5} M. Sin embargo cuando se realiza la primer transferencia los frutos testigos y los MJ 10^{-4} M tienen un incremento en su %AT, esto puede ser causa de los estados de madurez de los frutos y no por el efecto de la temperatura.

Resultados

En el día 10 los frutos tienen valores similares a los presentados el día 5, además no hay cambios notables durante la segunda transferencia en relación a esta fecha. Pero el día 15, se notan cambios significativos entre los tratamientos, con una disminución en los frutos testigo y un ligero aumento en los frutos tratados con MJ (Apéndice B1 y 2).

La disminución del %AT de los frutos de guayaba es alrededor de 0.35% \pm 0.05 para la variedad HB y de 0.15% \pm 0.05 para la variedad HR. Los valores están dentro del rango reportado por otros investigadores (Chang-Cherng y col., 1992), donde mencionan una disminución entre 0.48% a 0.31%, durante su periodo de comercialización.

Los frutos testigo presentaron valores superiores al momento de las transferencias, con un comportamiento escalonado en sus valores. Los valores más altos se alcanzaron en la segunda transferencia con 0.622%. Mientras que en los frutos MJ 10^{-4} M la tendencia fue una disminución durante todo el almacenamiento, con valores mínimos en la segunda y tercer transferencia de 0.473% y 0.483%, respectivamente.

Los valores que presentan los frutos de la variedad HR, son similares a los reportados por Laguado y col. (1999), donde sus valores oscilan entre los 0.047 y 0.579% para la variedad Criolla Roja. Los frutos tratados con MJ 10^{-5} M presentaron una disminución en la segunda transferencia. Posteriormente aumentaron hasta 0.506% teniendo su máximo valor en la última transferencia.

Los frutos de la variedad HR transferidos a 25°C, no presentaron cambios significativos. En la segunda transferencia los frutos testigo tienen un decremento muy marcado mientras que los MJ 10^{-4} M tienen un gran aumento en %AT. Pero en la tercer transferencia, los frutos MJ 10^{-4} M presentaron una disminución en sus valores con relación a los demás tratamientos.

Las diferencias en %AT entre las variedades son normales, ya que concuerdan con lo reportado por Laguado y col. (1999), en las variedades de guayaba Criolla Roja y San Miguel. Esto quizás se deba a que los ácidos libres en los

frutos aumentan con la maduración dando como resultado cambios en %AT (Laguado y col., 1999).

El tratamiento con MJ 10^{-4} M redujo considerablemente la pérdida del %AT en los frutos HB, pero no en los de la variedad HR. Al final de experimento, los frutos testigo son los que presentaron valores más altos en el contenido de ácido cítrico. Efectos similares se reportan en frutos de mango "Kent" almacenados a 5°C , donde el mejor tratamiento en la reducción de ácido cítrico fue el tratamiento de MJ 10^{-5} M (González-Aguilar y col., 2001). Al parecer el efecto del tratamiento de MJ en los cambios del %AT en los tejidos de las variedades de guayaba estudiadas, están en función de la variedad evaluada.

7.2.8.- Pérdida iónica.

Las lesiones causadas en los tejidos de los frutos tienden a aumentar con la exposición a temperaturas inferiores a la óptima de almacenamiento. Con lo cual se afectan las reacciones metabólicas y se activan algunas enzimas como la PPO y la PAL (Martínez-Téllez y Lafuente, 1993; Pérez-Tello y col., 2001). La aparición o desarrollo de los síntomas de DF parece ser una consecuencia directa de estos efectos (Kratsch, 2000).

La PI se ha empleado como una medida indirecta del incremento en la permeabilidad de la membrana, la cual se ha utilizado para medir el daño causado por las bajas temperaturas (Murata, 1990). Los frutos de la variedad HB (Figura 8A), presentan un incrementó paulatino en el %PI durante el tiempo de almacenamiento, siendo más notorio en los frutos testigo, seguidos de los frutos tratados con MJ 10^{-5} M. Estos incrementos en el %PI están relacionados con la mayor severidad de los daños por frío presentados por el producto almacenado a 5°C . El desarrollo de estos daños, pueden favorecer significativamente el ataque microbiano y reducir la vida de anaquel del producto (Stushnoff y col., 1984).

Resultados

Se ha reportado que la medición de la PI en el tejido vegetal, es un buen indicador del efecto del daño por frío en el tejido, de acuerdo al modelo descrito por Witlow y col., (1992). A medida que aumentan los síntomas de DF se incrementa la PI, para el caso de la guayaba, los frutos testigo son los que presentan más acentuado este efecto en las dos variedades estudiadas. Sin embargo, los frutos de la variedad HR al parecer son ligeramente más susceptibles al DF. Cabe mencionar que estos parámetros se correlacionaron ($r=0.9423$) de ambas variedades.

Los frutos tratados con MJ 10^{-4} M presentaron los valores más bajos de PI después de la primera y segunda transferencia. Sin embargo, al momento de la tercer transferencia los tratamientos con MJ presentaron valores similares. Se observó que las dos variedades estudiadas presentaron las mismas diferencias entre los tratamientos y un comportamiento muy similar durante el periodo de almacenamiento. Los frutos de la variedad HR tienen un marcado incremento al momento de la primer transferencia (Figura 8B), seguido de los testigo y los tratados con MJ 10^{-4} M con valores 21.56% y 20.47% respectivamente. Los frutos tratados con MJ 10^{-5} M presentaron un %PI de 19.24% mayor que la observada en los frutos testigo, después de 10 días de almacenamiento.

Pérez-Tello y col. (2001), reportaron que el incremento en la PI de frutos de carambola avanzó con los días de almacenamiento a 20°C, sólo que este hecho se lo atribuyeron a la fermentación y senescencia del fruto, pero no a las bajas temperaturas. Por otra parte, González-Aguilar y col. (1998), encontraron que a medida que los frutos se almacenan por tiempos prolongados a bajas temperaturas, el porcentaje de PI aumenta considerablemente en frutos de mango "Tommy Atkins", siendo más evidente cuando el producto se transfiriere a temperaturas superiores de almacenamiento.

Lyons (1973), menciona que las lesiones ocasionadas por las bajas temperaturas pueden ocurrir de diferente forma e intensidad y varían con la especie y regiones de origen del fruto. Estos desordenes pueden presentarse a partir de 0 a

4°C para las frutas templadas, de 8°C para las frutas subtropicales y a temperaturas de 12°C, para las frutas tropicales tales como plátano. Para el caso de la guayaba, se encontró que cuando se almacena a temperaturas inferiores 10°C, se favorece el desarrollo de los síntomas de DF.

Rikin y Richmond (1980), observaron que la PI está relacionada con la pérdida de agua producida por las bajas temperaturas. Por lo tanto, las diferencias mostradas entre los tratamientos pueden ser un reflejo del efecto de la temperatura combinada con la aplicación del MJ en los frutos de guayaba.

Los tratamientos con MJ disminuyeron la PI. Sin embargo, esta disminución no fue suficiente para tener un efecto significativo, en la reducción del DF al final del período de almacenamiento. El mayor beneficio del tratamiento con MJ que se observa en los frutos de guayaba fué el aumento en la vida de anaquel, debido a que se redujeron algunos desórdenes fisiológicos asociados a la pérdida de calidad.

Se ha visto que el tratamiento con MJ promueve la acumulación de antocianinas, las cuales pueden actuar como mecanismos de defensa contra diferentes estrés en las plantas (Turner y col., 2002). Además, se ha observado que el MJ aumenta la actividad de PAL, enzima clave en la ruta de los fenoles, la cual podría estar relacionada con la disminución de los síntomas de DF (Saniewski y col., 1998).

7.3.- Evaluaciones Químicas

7.3.1.- Clorofilas totales.

Los cambios de color en frutos en de guayaba se deben a varios procesos bioquímicos, siendo la degradación de clorofila uno de los principales. Este mecanismo implica la desaparición de color verde en la fruta, así como la síntesis de

Resultados

carotenoides que ocasionan el desarrollo del color amarillo en la cáscara del fruto (Lebourdelles, 1967; Charng-Cherng y col., 1992; Yusof y Mohamed, 1987).

En el presente estudio se observó que el contenido de clorofila disminuyó con el tiempo de almacenamiento, siguiendo un comportamiento similar en ambas variedades estudiadas. (Figuras 13A y B). En la variedad HB, se encontraron diferencias entre los tres tratamientos. Sin embargo, en la variedad HR, sólo el testigo fue diferente a los frutos tratados con MJ (Apéndice C1 y 2).

Después del quinto día, los frutos testigos de la variedad HB presentaron valores superiores a los tratados con MJ. Los testigos alcanzaron valores de 5.9 $\mu\text{g/mL}$ mientras que los MJ 10^{-5} M y MJ 10^{-4} M de 4.07 $\mu\text{g/mL}$ y 5.04 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente. En éste período de tiempo, fue cuando se presentaron mayores diferencias estadísticas entre los tratamientos (Apéndice C2 y 3). Para el décimo día de almacenamiento la diferencia entre el testigo y los frutos MJ 10^{-4} M disminuyó ligeramente, pero con relación a los frutos MJ 10^{-5} M aumentó. Al parecer el tratamiento de MJ favoreció la pérdida de clorofila de los frutos de guayaba.

La pérdida de clorofila fue similar a la observada previamente en frutos de manzana "Golden Delicious" tratados con MJ (Pérez y col., 1993). De la misma forma observó una disminución considerable en el contenido de clorofilas en frutos de tomates tratados con MJ (Saniewski y Czapski, 1983). La transferencia de 2 días a 25°C afectó considerablemente la pérdida de clorofila. Este comportamiento era de esperarse, ya que al transferir los frutos de una temperatura menor a una mayor se aceleran los procesos de maduración. Por lo tanto se afecta considerablemente el contenido de clorofilas totales. Este efecto se presentó durante las tres transferencias llevadas a cabo en ambas variedades estudiadas (Figura 13A y B).

Se ha reportado que las pérdidas de firmeza y de peso en frutos de guayaba ocurridos durante el almacenamiento, se correlaciona positivamente con la pérdida de color verde (Pérez y col., 1993). Una de las razones podría ser probablemente la alta pérdida de humedad, la cual puede favorecer la maduración del producto y la degradación de clorofila (Mohamed y col., 1994).

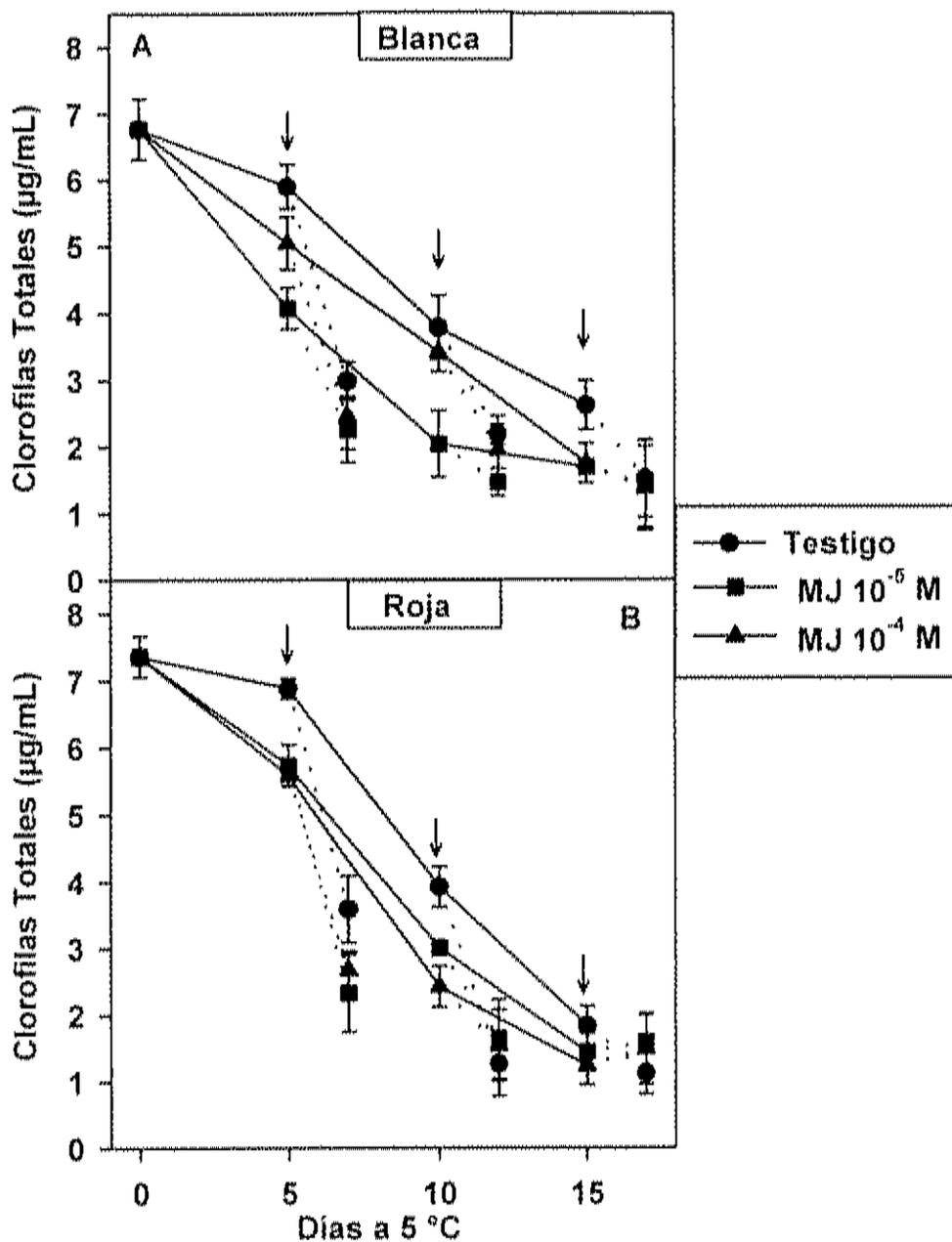


Figura 13.- Clorofilas totales (A y B) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" y "Hawaiana Roja", tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

Estos efectos no se presentaron en frutos de ambas variedades estudiadas, ya que los tratados con MJ son los que tienen menores pérdidas de peso y mayor firmeza, pero con valores inferiores en su contenido de clorofilas totales.

Lo anterior puede ser consecuencia del tratamiento, puesto que se ha reportado que la aplicación de MJ acelera la degradación de las clorofilas (Sembdner y Pathier, 1993), y también provoca la acumulación de β -carotenos en tomates (Pérez y col., 1993; Fan y col., 1998). Aunque también se ha reportado que el contenido de clorofilas varía con la variedad. En el presente estudio se encontraron valores diferentes a los reportados previamente en otras variedades de guayaba, con valores entre 0.2-1.6 mg/100g (Salunkhe y Kadam, 1995). El mayor contenido de clorofilas en los frutos se da cuando el fruto alcanza la madurez fisiológica, para posteriormente disminuir marcadamente al iniciarse la maduración (Hernández, 2001).

El MJ tiene propiedades similares a las del ABA y una de ellas es promover la maduración y senescencia de los tejidos vegetales (Sembdner y Pathier, 1993). Los cambios en el contenido de clorofilas totales encontrados en el presente estudio, concuerdan con los observados previamente por otros autores (Turner y col., 2002). Los frutos de guayaba de ambas variedades presentan este efecto, como se puede ver a lo largo del experimento los valores de los frutos tratados con MJ son menores con relación a los testigo desde el día 5. Aunque en el último muestreo la concentración es muy parecida entre los tratamientos.

Es posible que la degradación de clorofilas este asociada con el aumento en el metabolismo inducida por el tratamiento con MJ, como se observa en la tasa de respiración (Figura 6). La estimulación o inhibición de la biosíntesis de etileno puede jugar un papel muy importante en la degradación de clorofila y síntesis de nuevos pigmentos, como los carotenos (Miszczak y col., 1995).

7.3.2.- Azúcares.

7.3.2.1.- Fructosa.

La mayoría de las frutas inmaduras presentan bajos niveles de azúcares libres y una gran cantidad de almidón. Sin embargo, este polisacárido va transformándose conforme madura el fruto en azúcares libres (Zambrano y Materano, 1999). Los principales azúcares libres encontrados en guayaba fueron sucrosa, fructosa y glucosa, los cuales disminuyeron durante la maduración del producto. Estos azúcares juegan un papel muy importante en el sabor característico de la guayaba (Mowlah y Itoo, 1983). Además, se ha reportado que el contenido de carbohidratos y la composición, pueden influenciar la sensibilidad del tejido de las plantas a las bajas temperaturas, haciéndolos más resistentes (Levvit, 1980; Purvis y Grierson, 1982)

Los frutos almacenados a 5°C presentan en general un aumento en el contenido de fructosa a lo largo del experimento. Este comportamiento fue similar en las dos variedades estudiadas (Figuras 14, A y B). Ambas variedades presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos durante todo el período de almacenamiento (Apéndice C1 y 2). Los frutos testigo presentaron los menores niveles de fructosa a lo largo del experimento, siendo más notorio en la variedad HB. Los valores iniciales de fructosa fueron de 31.80 mg/100 g y 22.13 mg/100 g en la variedad HB y HR, respectivamente.

A los 5 días de almacenamiento, se tiene una diferencia en el contenido de este azúcar entre las dos variedades de guayaba, lo cual podría estar relacionada con la variedad. El incremento en el contenido de fructosa en los frutos de guayaba a lo largo del experimento es similar al comportamiento observado en los frutos de la variedad criolla del Municipio de Mara Venezuela (De Moreno y col., 1995). Así como en frutos de carambola almacenados a 2°C en un periodo de 30 días (Pérez-Tello y col., 2001). En los frutos de mandarina "Fortune" se observó un ligero aumento durante el almacenamiento a 12°C (Martínez-Téllez y LaFuente, 1993).

Resultados

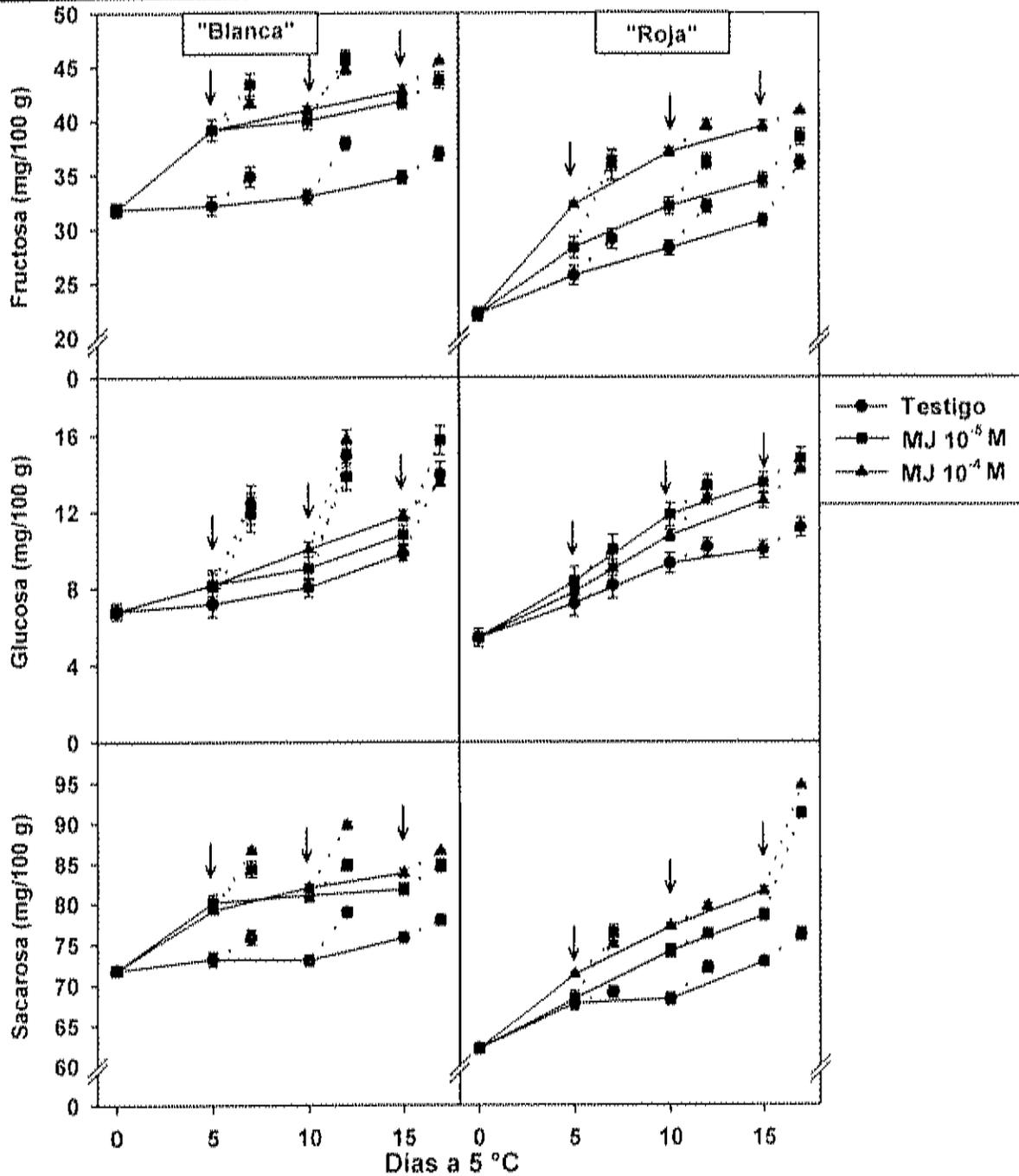


Figura 14.- Cambio en los azúcares; fructosa (A y B), glucosa (C y D) y sucrosa (E y F) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" (A, C y E) y "Hawaiana Roja" (B, D y F) tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

Al final del experimento se presentaron las mayores diferencias estadísticas entre variedades. El contenido de fructosa alcanzado en la variedad HB fue de 36.97, 43.75 y 45.51 mg/100 g, en los testigos y tratados con MJ 10^{-5} M y MJ 10^{-4} M, respectivamente. Mientras que para los frutos de la variedad HR fue de 30.17, 38.53 y 40.92 mg/100 g, en los testigos y tratados con MJ 10^{-5} M y MJ 10^{-4} M, respectivamente. Los frutos tratados con MJ 10^{-4} M presentaron el mayor contenido de fructosa al final del almacenamiento.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Yosof y Mohamed (1987), donde mencionan que los niveles de fructosa tienen un incremento lineal respecto a la maduración de los frutos de guayaba. También se observaron incrementos en el contenido de este azúcar, después de las transferencias a 20 °C en las dos variedades. Esto puede deberse principalmente a la degradación de almidón. Se ha reportado que cuando los frutos son almacenados a altas temperaturas existe una mayor degradación de almidón y acumulación de azúcares reductores (fructosa), que cuando se almacena el fruto a bajas temperaturas (Zambrano y Materano, 1999).

Las concentraciones de fructosa obtenidas en los frutos de guayaba son similares a las reportadas previamente por Nahar y col., (1990). Mientras que Chan y Kwok (1975), encontraron variaciones entre 13 a 30.44 mg/100g.

Al parecer el tratamiento con MJ favoreció la biosíntesis de fructosa, dando como consecuencia un mejor sabor y calidad organoléptica superior a la observada en los frutos testigo. Previamente, se encontró que el tratamiento de con MJ en frutos de mango mantuvo altos los niveles de azúcares en especial, el de fructosa (González-Aguilar y col., 2001)

7.3.2.2.- Glucosa.

Un parámetro confiable para conocer la calidad de los frutos de guayaba, es el realizar la medición del contenido de azúcares, particularmente glucosa. Ya que en general un fruto con un bajo contenido de carbohidratos esta asociado con un mal sabor (Yusof y col., 1988)

El contenido de glucosa en los frutos de guayaba al inicio del experimento es muy similar entre las dos variedades. El cual va teniendo un incremento lineal a lo largo del experimento, en las dos variedades. Sin embargo, este incremento es más notorio en la variedad HR.

En la primer transferencia los frutos tratados con MJ tienen un ligero incremento en su concentración de glucosa en ambas variedades, sin tener diferencias estadísticas. La diferencia estadística se da a partir de la primer transferencia en las dos variedades. En general, se observó un aumento paulatino en el contenido de glucosa durante el periodo de almacenamiento. Sin embargo, los frutos tratados con MJ son los que presentaron los niveles más altos a lo largo del almacenamiento en las dos variedades.

El comportamiento presentado en las dos variedades de guayaba estudiadas fue similar al descrito por otros autores (Laguado y col., 1998). Donde ellos mencionan que los azúcares generalmente tienden a aumentar a medida que los frutos de guayaba maduran, este aumento depende del cultivar o variedad estudiada (Broughton y Leong, 1979).

El contenido de glucosa aumentó paulatinamente con la temperatura de almacenamiento. Este comportamiento encontrado en guayaba, es diferente al reportado en frutos de mandarina (Holland y col., 2002), pero similar a lo observado en frutos de carambola (Pérez-Tello y col., 2001).

Cuando las guayabas de ambas variedades son transferidas durante dos días a 25°C se observa en general un aumento en el contenido de glucosa. Este comportamiento es más notorio en los frutos de la variedad HB. Los cambios en

el contenido de glucosa encontradas en fruta de guayaba son semejantes al encontrado en frutos de mango (González-Aguilar y col., 2001).

Los frutos de la variedad HB almacenados a 5°C, presentan diferencias significativas entre los frutos testigos y los tratados con MJ (Apéndice C1 y 2) al final del experimento (figuras 14C y D). Entre los frutos testigos y los tratados con MJ de la variedad HR presentan diferencias estadísticas en la última transferencia.

7.3.2.3.- Sacarosa.

El contenido de sacarosa en los frutos de guayaba presentan un incremento a medida que pasa el tiempo de almacenamiento a 5°C (Figuras 14E y F). El quinto día se observó un incremento en el contenido de glucosa en los frutos tratados con MJ en la variedad HB con valores de 73.17 mg/100 g, 80.17 mg/100 g y 79.17 mg/100 g para los testigo, MJ 10⁻⁶ M y MJ 10⁻⁴ M respectivamente. Estos incrementos son más notorios en los frutos tratados con MJ de ambas variedades. Sin embargo, los frutos testigo presentan una menor concentración de sacarosa durante todo el almacenamiento a 5°C y después de las transferencias, en ambas variedades.

El incremento en la concentración de sacarosa observada en este trabajo fue similar a la reportada por otros investigadores (Mowlat y Itoo, 1983; Nahar y col., 1990). Estos autores reportaron que la sacarosa incrementa a medida que el fruto madura. El aumento en este estudio se dio en los frutos de ambas variedades, siendo más notable en los HR. Solo que en la variedad HB las diferencias estadísticas inician desde el día 5 y en la HR se dan en el décimo día (Apéndice C1 y 2).

El aumento de sacarosa es mayor en los frutos tratados con MJ 10⁻⁴ M en ambas variedades, a lo largo del experimento. Mientras que los frutos testigo son los que tienen una menor concentración de este azúcar durante todo el almacenamiento, teniendo ligeros incrementos durante las transferencias. El comportamiento de los cambios de sacarosa en los frutos testigo de ambas

variedades, es similar al encontrado en frutos de mandarinas "Fortune" almacenadas a 2°C (Holland y col., 2002).

En frutos de carambola se observó un aumento de sacarosa conforme maduraban (Pérez-Tello y col., 2001). De la misma forma, en frutos de guayaba hay un incremento en el contenido de sacarosa en frutos de la variedad " Dominicana Roja" (Laguado y col., 1998) y en la variedad criolla del Municipio de Mara en Venezuela con respecto al tiempo y su maduración (Arenas y col., 1995). Algunos autores han mencionados que el MJ mantiene elevadas las concentraciones de estos carbohidratos en frutos de calabacita (Wang y Buta, 1998) y mango (González- Aguilar y col., 2001). En general el MJ incrementó los valores de sacarosa en los frutos de guayaba de las dos variedades estudiadas.

7.3.3.- Vitamina C.

Los frutos de guayaba se conocen por ser una excelente fuente natural de ácido ascórbico (vitamina C). Existen variedades como la "vietnamita" que pueden contener hasta 970 mg/100g de peso fresco (El-Zorkani, 1968). Por esta razón, la guayaba está considerada como un fruto con un alto valor nutricional.

Las figuras 15A y B muestran los cambios en el contenido de vitamina C. El contenido inicial de vitamina C fue de 85.80 y 17.68 mg/100 g en los frutos de la variedad HB y HR, respectivamente. Se observó que los frutos testigo tuvieron valores ligeramente diferentes a los tratados con MJ (Apéndice C1 y 2). Estas diferencias se presentan el día 5, puesto que el contenido de vitamina C en los frutos testigo fue superior a los obtenidos en los tratados con MJ. No se encontraron diferencias significativas entre los frutos testigo y los tratados con MJ, durante todo el experimento en las dos variedades estudiadas.

En los días 10 y 15 los valores que presentan los frutos de guayaba de la variedad HB en su contenido de ácido ascórbico son muy similares. Estos son parecidos a los reportados por Mohamed y col. (1994), mencionan que el contenido

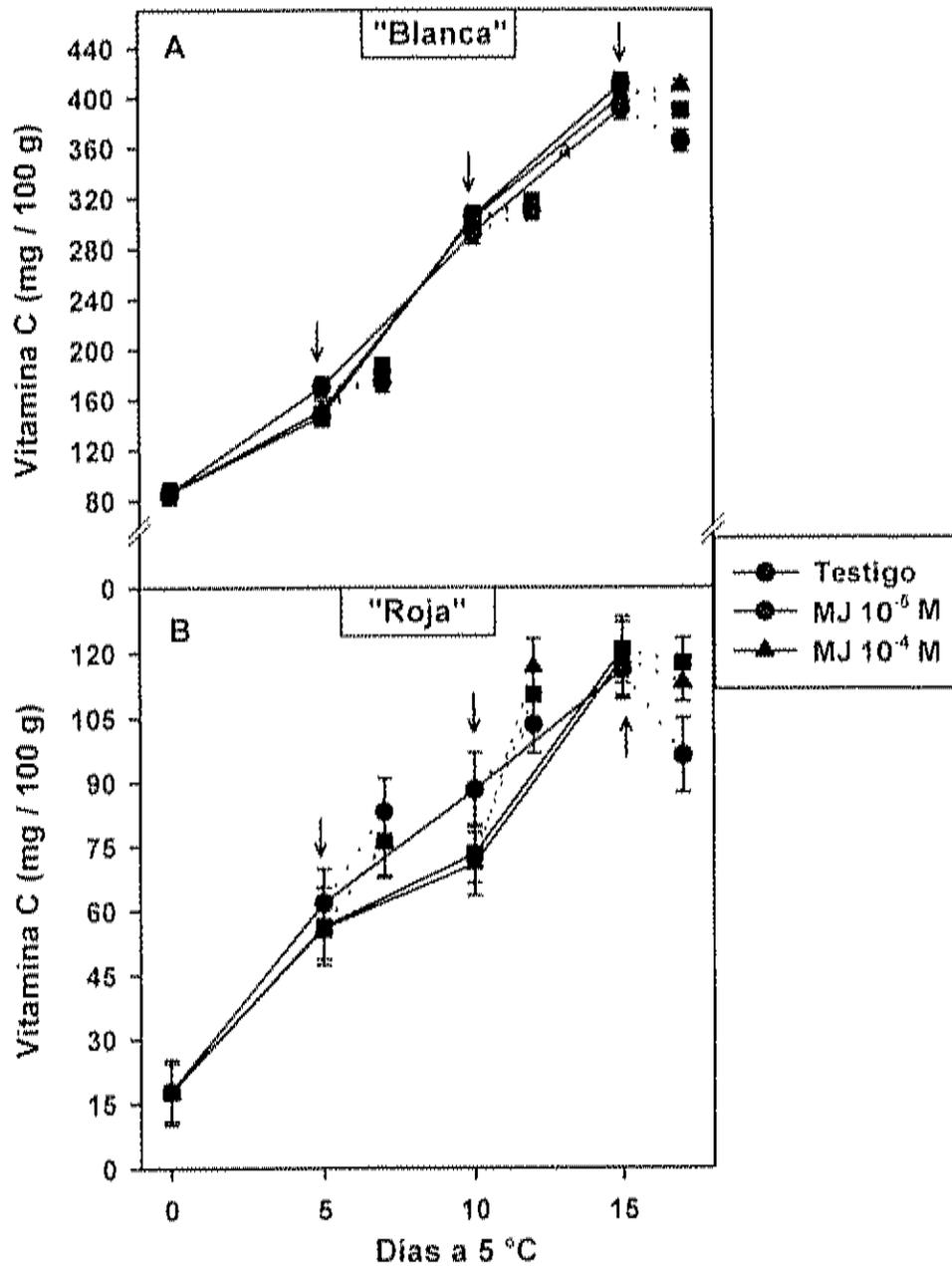


Figura 15.- Cambios del contenido de vitamina C (A y B) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" y "Hawaiana Roja" tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

de ácido ascórbico en frutos de guayaba de la variedad vietnamita almacenada a 10°C tienen un contenido de 137.7 mg/100g al tercer día. Se ha reportado que el contenido de ácido ascórbico tiende a aumentar cuando el fruto madura (Srivastava y Narasimhan, 1967).

En la primer y segunda transferencia hay un incremento similar en el contenido de vitamina C entre los frutos de guayaba de ambas variedades. En estas fechas, los incrementos pueden ser un efecto del incremento de la temperatura en los frutos, como ya se mencionó la temperatura puede retardar o acelerar la maduración de los frutos de guayaba (Yusof y Mohamed, 1987).

En el quinceavo día se alcanzan las mayores concentraciones de ácido ascórbico en las dos variedades. Sin embargo, al realizar la tercer transferencia se presenta un decremento en su contenido, siendo más notorio este efecto en los frutos testigo en ambas variedades. Rodríguez y col. (1974), mencionan que el contenido de ácido ascórbico tiende a aumentar de 20 a 260 mg/100 g durante el desarrollo y maduración de la fruta, mientras que durante la senescencia disminuyen de 260 a 200 mg/100 g en guayaba de la variedad "Safeda". De igual manera Ali y Lazan (1997), mencionan que el contenido de ácido ascórbico en guayaba tiende a disminuir cuando el fruto alcanza su pico climatérico y es más evidente durante el período de senescencia.

Existen pocos reportes sobre el efecto del MJ en el contenido de vitamina C y azúcares. Entre estos se puede mencionar el reportado por Wang y Buta (1998), donde observaron que el tratamiento con AJ retarda la degradación de glucosa en calabacita zucchini almacenada a bajas temperaturas. Las concentraciones de vitamina C en los frutos de guayaba de este estudio, podrían estar relacionadas con una disminución en la oxidación de los frutos de guayaba y la aparición de los síntomas de DF, ya que uno de los efectos del ácido ascórbico es disminuir la oxidación en los frutos (Arrigoni y De Tullido, 2000). Sin embargo, al final del almacenamiento se observó que el contenido de vitamina C de los frutos tratados con MJ presentaron menores IDF y deterioro en relación a los frutos testigo, aunque no

se encontró una correlación entre estos parámetros, pero se ha reportado que suceden estas correlaciones en otros frutos (Purvis y Grierson, 1982).

7.4.1- Fenoles totales.

En las figuras 16 (A y B) se observa el cambio del contenido de fenoles en frutos de guayaba durante su almacenamiento a 5°C. Se puede observar que los frutos tratados con MJ presentan significativamente mayores concentraciones a las observadas en los frutos testigos en ambas variedades estudiadas, durante todo el periodo de almacenamiento, (Apéndice C1 y 2).

El contenido de fenoles de la variedad HB presentó un aumento paulatino con el periodo de almacenamiento. Siendo los frutos tratados con MJ 10^{-4} M los que presentaron los valores mas altos. Después de 5 días, los frutos testigos presentaron una disminución en el contenido de fenoles, mientras que los tratados con MJ 10^{-4} M presentaron un marcado aumento y los MJ 10^{-5} M solo un ligero incremento. El contenido de fenoles aumentó en los frutos testigo y los tratados con MJ 10^{-5} M después de la primer transferencia a 25°C durante 2 días, observándose una disminución en los tratados con MJ 10^{-4} M.

El incremento en el contenido de fenoles de los frutos de guayaba tratados con MJ podría estar relacionado con la menor incidencia en los síntomas de DF y deterioro. Los cuales pueden interferir con los procesos de oxidación, reaccionando con radicales libres, metales, agentes quelantes y oxígeno libre (Shahidi y col., 1992).

En frutos de plátano, se observó que los altos niveles de fenoles reducen los procesos de oxidación y oscurecimiento del tejido (Hernández, 2001). Darvill y Albersheim (1984), reportaron que los fenoles protegen el tejido de los frutos contra la infección microbiana y se relaciona con la menor incidencia de los síntomas de DF en el fruto.

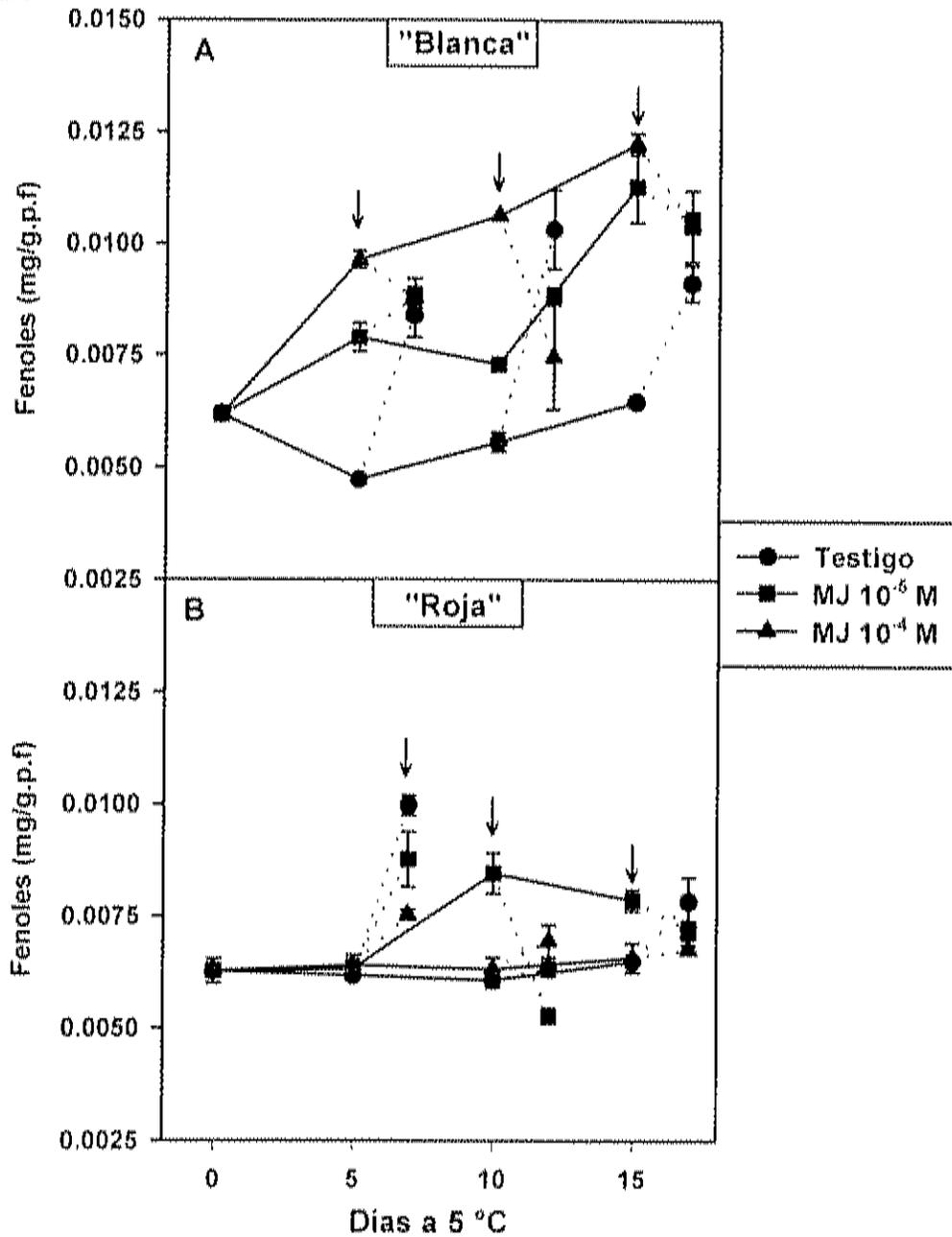


Figura 16.- Fenoles totales (A y B) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" y "Hawaiana Roja", tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

Después de la segunda transferencia, se observó un ligero incremento en el contenido de fenoles de los frutos testigo y tratados con MJ 10^{-4} M. Sin embargo, los frutos tratados con MJ 10^{-5} M presentaron un mayor aumento en el mismo período de tiempo.

El comportamiento es similar entre los frutos de los tres tratamientos después de 17 días con una tendencia a disminuir. Al final del experimento, los frutos tratados con MJ presentaron valores muy similares entre ellos, pero superiores a los valores de fenoles observados en los testigos.

Después de 10 días se alcanzaron las máximas concentraciones de fenoles en los frutos tratados con MJ 10^{-5} M de la variedad HR, pero en la segunda transferencia, se observa una disminución muy acusada en su concentración. Este comportamiento también se observó en los frutos de fresas de la variedad "Tillikum", donde sus valores máximos de fenoles totales fue a los 10 días de almacenamiento, para posteriormente disminuyó rápidamente (Cheng y Breen, 1991).

Cuando se inicia la senescencia de los frutos de plátanos se observa una disminución en el contenido de fenoles, alcanzando valores inferiores a los observados en los frutos de guayaba (1.2 mg/g.p.f.) (Hernández, 2002). El alto contenido de fenoles puede provocar una disminución en los procesos de oxidación en frutos de guayaba y su disminución favorecer estos procesos (Jiménez-Escrig y col., 2001).

Este comportamiento se observó en los frutos de la variedad HR, probablemente tiene una susceptibilidad al DF. Los frutos tratados con MJ 10^{-5} M, presentaron el menor deterioro y una mejor apariencia. Esto podría estar relacionado con los mayores niveles de fenoles que presentaron estos frutos comparados con relación a los demás tratamientos.

Al parecer el tratamiento de MJ indujo la acumulación de fenoles siendo más notoria en la variedad HB, esto puede ser debido a la respuesta del fruto al MJ. Sin embargo, al parecer el tratamiento de MJ 10^{-4} M no afectó el contenido

de fenoles en los frutos de la variedad HR como se observa en las figuras 16 B. Los fenoles son productos de la síntesis de la enzima PAL, la cual puede ser estimulada por diferentes tipos de estrés, uno de ellos son las bajas temperaturas. Los fenoles actúan en los frutos y plantas como mecanismos de defensa contra este desorden fisiológico (Martínez-Téllez y Lafuente 1997; Lafuente y col., 2001). De la misma forma, los altos contenidos de fenoles observados en los frutos tratados con MJ, podría estar relacionada con la tolerancia contra la DF y deterioro inducidos por el tratamiento de MJ.

Se ha reportado que el MJ induce la actividad de la enzima PAL, la cual podría estar asociada al aumento de los mecanismos de defensa contra patógenos en plantas de tomate (Peña-Cortés y col., 1993). También se ha observado que el tratamiento con MJ induce la biosíntesis del metabolismo secundario en plantas, induciendo la síntesis de terpenos (Zhao y Last, 1996).

Los fenoles son compuestos que normalmente se relacionan con la disminución de deterioro y la resistencia al ataque de patógenos. Los cuales juegan un papel muy importante en los mecanismos de defensa del tejido contra diferentes tipos de estrés (Doares y col., 1995; Gundlach y col., 1992; Nojiri y col., 1996). Lo anterior se ve reflejado en los frutos tratados con MJ de ambas variedades, los cuales son más resistentes al deterioro y a las bajas temperatura. Aunque los frutos de la variedad HR son más susceptibles a presentar mayor pérdida iónica que los HB.

7.4.- Evaluaciones enzimáticas

7.4.1- Actividad PAL

La figura 17 muestra los cambios de la actividad de la enzima PAL de los frutos testigo y tratados con MJ durante su almacenamiento a 5°C. En general, los frutos de la variedad HR presentaron la menor actividad PAL. La actividad

PAL aumentó significativamente en los frutos de la variedad HB después de 5 días a 5°C, siendo mayor en los frutos tratados con MJ 10^{-5} M seguido de los tratados con MJ 10^{-4} M y testigo. Posteriormente, disminuyó en la misma proporción en los tres tratamientos, presentando posteriormente un aumento significativo después de 15 días a 5°C (Apéndice D1 y 2).

Para el caso de la variedad HR, no se observaron cambios significativos después de 5 días a 5°C. Sin embargo, los frutos tratados con MJ 10^{-5} M y testigo presentaron un aumento significativo el día 10 para posteriormente disminuir hasta niveles muy similares a los observados inicialmente.

En general se observó una disminución en la actividad PAL después del periodo de anaquel (2 días a 25°C) en las diferentes transferencias llevadas a cabo con un comportamiento parecido en las dos variedades evaluadas. Aunque se ha reportado que la aplicación de MJ incrementa la actividad de la enzima PAL en plantas (Walling, 2000). Posiblemente la actividad de la enzima se redujo por el incremento de la temperatura. Efectos similares se reportaron en frutos de mandarina, en los cuales se presentó un incremento paulatino en la actividad de PAL durante el almacenamiento a 2°C y una menor actividad PAL a temperaturas superiores (Martínez-Téllez y col., 1997).

Es posible que el efecto del MJ en la actividad de la enzima PAL disminuya al transferir los frutos a 25°C, esto es por que al someter los tejidos vegetales a bajas temperaturas se incrementa la energía de activación de las enzimas mitocondriales y la enzima PAL su mayor contenido se encuentra en la mitocondria. Además, cabe mencionar que la respuesta del fruto al MJ indujo la actividad de la enzima PAL, la cual se dio al inicio del experimento disminuyendo con el tiempo de almacenamiento. En otros estudios, se ha observado que la actividad PAL aumenta rápidamente cuando se aplica algún tipo de estrés, precedida de una acumulación de distintos metabolitos que pueden asociarse a la reducción del deterioro del producto (Iglesias y col., 1999).

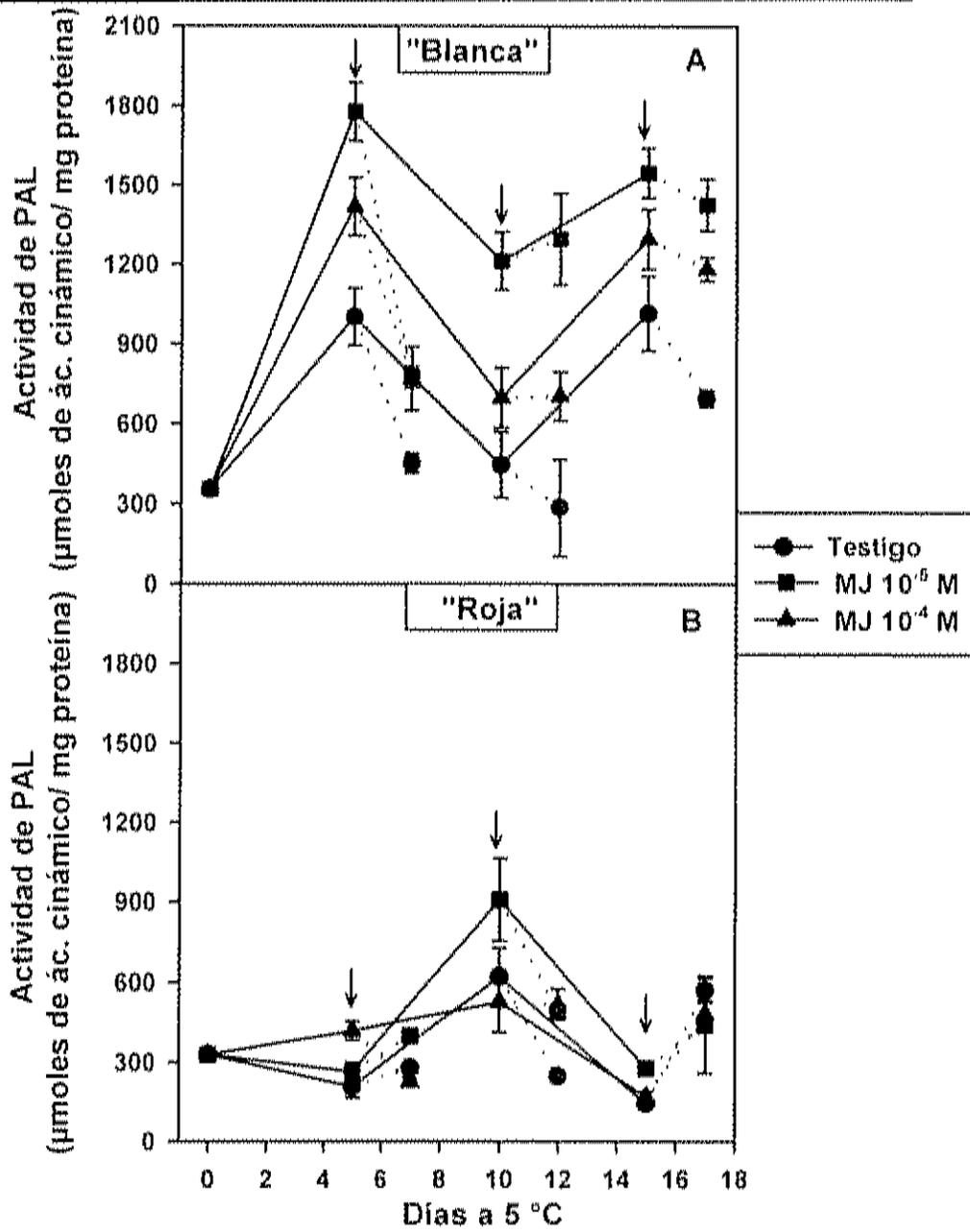


Figura 17.- Actividad de fenil alanina-amonoliase (A y B) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" y "Hawaiana Roja" tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

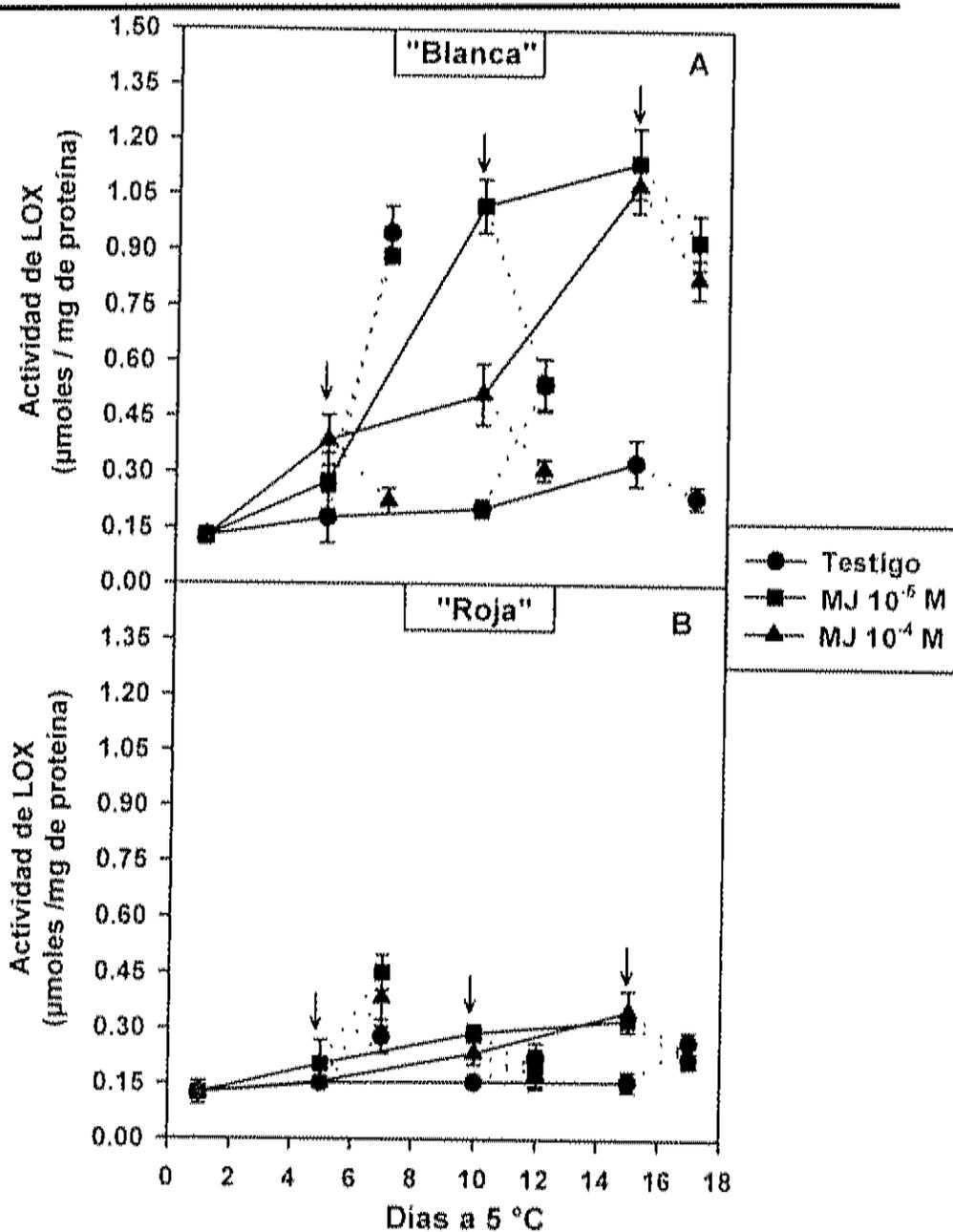


Figura 18.- Actividad de la lipoxigenasa (A y B) de frutos de guayaba "Hawaiana Blanca" y "Hawaiana Roja" tratados con MJ y almacenados a 5°C. Las flechas indican el momento de la transferencia del fruto a 25°C en cada intervalo de tiempo de la evaluación.

Resultados

El día quince todos los tratamientos presentaron un incremento muy similar en la actividad PAL. Este aumento podría estar relacionado con otros eventos no estudiados en el presente trabajo, tales como procesos de senescencia y otros procesos fisiológicos. En frutos de carambola almacenados a 20°C, se observó que después de 15 y 20 días la actividad PAL disminuyó, la cual se relacionó con la disminución del deterioro y senescencia de los frutos (Pérez-Tello y col., 20001). Los cambios en la actividad PAL en los frutos de este estudio son similares a los observados en frutos de fresa bajo otro tipo de estrés (Iglesias y col., 1999).

En este estudio se observó que la actividad PAL de los frutos de la variedad HR presentó ligeros cambios durante todo el experimento. Sólo en los días 10 y 15 se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($\alpha < 0.05$). Después de la primer transferencia se encontró una actividad similar entre los frutos testigo y tratados con MJ 10^{-5} M (205 y 264 μ moles de ac. cinámico/ mg de proteína, respectivamente). Mientras que los frutos tratados con MJ 10^{-4} M presentaron una actividad muy superior (418.05 μ moles de ac. cinámico/ mg de proteína). Sin embargo, para la tercer transferencia, los frutos testigo y MJ 10^{-5} M presentaron una diferencia significativas.

Assis y col. (2001), encontraron que frutos de chirimoya almacenados a 20°C, presentaron un aumento continuo en la actividad PAL, parecido al observado en los frutos de guayaba de la variedad HR. La mayor actividad de PAL se presentó después de 2 días de almacenamiento, a diferencia de un estudio realizado con lechuga donde se observa una mayor actividad después de 6 días a 5°C (Hyodo y col., 1978).

Los cambios en la actividad PAL observados a bajas temperaturas en la variedad HR, al parecer no están relacionados con los observados en el contenido de fenoles. Sin embargo, cuando se realizan las transferencias tienen un comportamiento similar (Figura 16 y 17). Esto es porque cuando la enzima tiene

aumentos y disminución en su actividad también le sucede a los fenoles de igual forma, aunque no hay una correlación en los valores.

Se ha reportado que el etileno aumentar la actividad de la enzima PAL (Hyodo y Yang, 1971). Esto es cuando se aplica de forma exógena o hay una gran producción natural de etileno. Para el caso de la guayaba, la actividad de la enzima PAL es muy independiente de la producción de etileno, ya que no se encontró una correlación entre la actividad de la enzima PAL y la producción de C_2H_4 . Los resultados también concuerdan con estudios reportados previamente en frutos de melón (Diallinas y Kanellis, 1994).

La menor actividad se observó en la tercer transferencia, presentando valores similares entre los frutos testigo y los tratados con MJ 10^{-4} M. La actividad de la enzima disminuyó ligeramente cuando los frutos de guayaba de ambas variedades se transfirieron a 25°C. Este efecto concuerda con el reportado en frutos de mandarina tratados con etileno, donde la actividad de PAL disminuye cuando estos son transferidos a 25, 20, 15 y 10°C (Lafuente y col., 2001).

7.4.3.- Actividad LOX.

La enzima LOX es responsable de la biosíntesis de un gran número de compuestos aromáticos y compuestos volátiles. Estos son responsables del aroma de los productos vegetales (Barrett y Theerakulkait, 1995). Entre los principales compuestos tenemos los aldehídos, alcoholes y ésteres (Loiseau y col., 2001).

El tratamiento con MJ modificó significativamente la cantidad de la enzima LOX en ambas variedades estudiadas (Apéndice D1 y 2). La figura 18 muestra un aumento continuo en la actividad de la enzima LOX durante el almacenamiento. Siendo más notorio en la variedad HB. También hay una marcada diferencia entre los tratamientos testigo y los frutos tratados con MJ 10^{-5} M, después de los periodos de transferencia en las dos variedades. Se ha reportado que actividad de la enzima LOX

Resultados

se incrementa a medida que avanza el estado de madurez en los frutos de tomate (Sheng y col., 2000; Riley y col., 1996).

Después de 7 días de almacenamiento los frutos testigo de la variedad HB presentaron valores similares a los tratados con MJ 10^{-5} M, Sin embargo los frutos tratados con MJ 10^{-4} M presentan la menor actividad. Se ha reportado que la respuesta de la actividad de la enzima LOX al tratamiento con MJ depende de la variedad y la especie del fruto, además puede afectarse con otros tipos de estrés al que es sometido el fruto (Loiseau y col., 2001; Sideow, 1991).

Al día 10, los frutos de la variedad HB, presentaron las mayores diferencias entre tratamientos. Los frutos tratados con MJ tienen un incremento muy marcado en la actividad de la enzima con relación a los frutos testigos, estos últimos presentan valores de 0.21 μ moles/ μ g de proteína, casi cuatro veces menor al observado en frutos tratados con MJ 10^{-5} M (1.02 μ moles de ácido linoleico/ μ g de proteína) y la mitad de los frutos tratados con MJ 10^{-4} M (hasta 0.52 μ moles de ácido linoleico / μ g de proteína). Sin embargo, en la segunda transferencia, se observó un incremento en la actividad LOX en los frutos testigo y una disminución en los tratados con MJ con valores más bajos en los frutos tratados con MJ.

La variedad HR presentó valores menores de actividad LOX que la variedad HB. Pero en ambas variedades se observó un aumento en la actividad de LOX a lo largo del experimento. Siendo mayor la actividad enzimática en los frutos tratados con MJ. La actividad de los frutos tratados con MJ 10^{-5} M es mayor en todo el periodo de almacenamiento. Los frutos MJ 10^{-4} M y testigo de la variedad HR tuvieron un comportamiento similar entre ellos en la primer transferencia. Los valores reportados al final del experimento están dentro de los reportados en diferentes tejidos vegetales como maíz (Barrett y Theerakulkait, 1995) y papas (Bostock y col., 1992).

La baja actividad de la enzima LOX en los frutos de la variedad HR, podría estar relacionada con el bajo contenido de clorofilas totales. Puesto que se ha reportado, que la inducción de la actividad de esta enzima en plantas esta dada

Resultados

por la isomerasa, dando un hidroperóxido, el cual destruye la clorofila (Zimmerman y Vick, 1970).

En la tercer transferencia en los frutos tratados y los testigo de la variedad HR presentaron valores similares entre ellos y menores a los reportados en la variedad HB. Lo anterior puede ser un efecto de respuesta por la variedad del fruto, como ya se mencionó en este trabajo en ocasiones la cantidad de la actividad de la enzima depende de la variedad del fruto. Pero en ambas variedades los tratados con MJ tienden a disminuir su actividad. Por lo tanto el no tiene efecto la aplicación del MJ en los frutos de la variedad HR, esto se ve reflejado los valores de la actividad de la enzima. Pero sí tiene efecto el MJ en la regulación de la actividad de la enzima LOX en la variedad HB, esto también lo han reportado en plantas de tabaco y tomate (Avdiushko y col., 1995; Thaler, 2001).

El aumento gradual que se presenta en la actividad de la enzima a lo largo del almacenamiento en los frutos de ambas variedades, puede ser debido al tratamiento con MJ combinado con las bajas temperaturas de almacenamiento. Al parecer el MJ induce la actividad de la enzima LOX en los frutos de guayaba almacenados a 5°C en ambas variedades, aunque es más notorio en los frutos de la variedad HB que en la HR.

8.- CONCLUSIONES

- El tratamiento con MJ no modificó significativamente la tasa de respiración y producción de etileno. Sin embargo, redujo ligeramente la pérdida de peso y firmeza, durante el almacenamiento en frío del fruto.
- Al parecer la aplicación de MJ en frutos de guayaba retrasa la aparición de los síntomas de daño por frío y deterioro. Se encontró que la susceptibilidad al frío es ligeramente mayor en la variedad HR. La cual se correlacionó con el mayor %PI observado, durante el período de almacenamiento.
- El tratamiento de MJ no tuvo efecto significativo en los cambios de los parámetros físico-químicos, de los frutos en ambas variedades de guayaba. Sin embargo, mantuvo por mayor tiempo la apariencia general en relación a la observada en los frutos testigos.
- Al parecer el incremento de la actividad de las enzimas PAL y LOX, así como, los cambios en el contenido de azúcares reductores (fructosa, glucosa y sacarosa) en los frutos de guayaba de las dos variedades, son una respuesta del fruto al tratamiento con MJ.
- El incremento en el contenido de fenoles totales en los frutos de guayaba, parecen ser una respuesta secundaria como una consecuencia debido al aumento en la actividad de la enzima PAL, inducida por el tratamiento con MJ. Al parecer estos eventos contribuyeron en la tolerancia al frío y deterioro observada en los frutos de guayaba durante el almacenamiento en frío y período de congelación.
- Con los datos globales obtenidos en este estudio, se ha propuesto un modelo el cual describe el posible modo de acción del MJ en los frutos de guayaba (Figura 19). La aplicación del MJ exógena en frutos de guayaba incrementa la actividad de la enzima LOX, la cual utiliza al ácido linolénico

Conclusiones

para la síntesis de MJ. Sin embargo, no podemos establecer con los resultados obtenidos, que el MJ disminuye de forma directa el DF y deterioro. Se desconocen los mecanismos por los cuales el MJ mantuvo altos los niveles de azúcares reductores en frutos de guayaba durante el período de almacenamiento, y si estos se relacionan con la tolerancia al frío inducida por el tratamiento.

- Con el fin de elucidar el modo de acción del MJ en frutos de guayaba, es necesario realizar trabajos adicionales donde se evalúen más a fondo y en forma individual cada una de las rutas metabólicas involucradas en la aparición de los síntomas de daño por frío y deterioro.

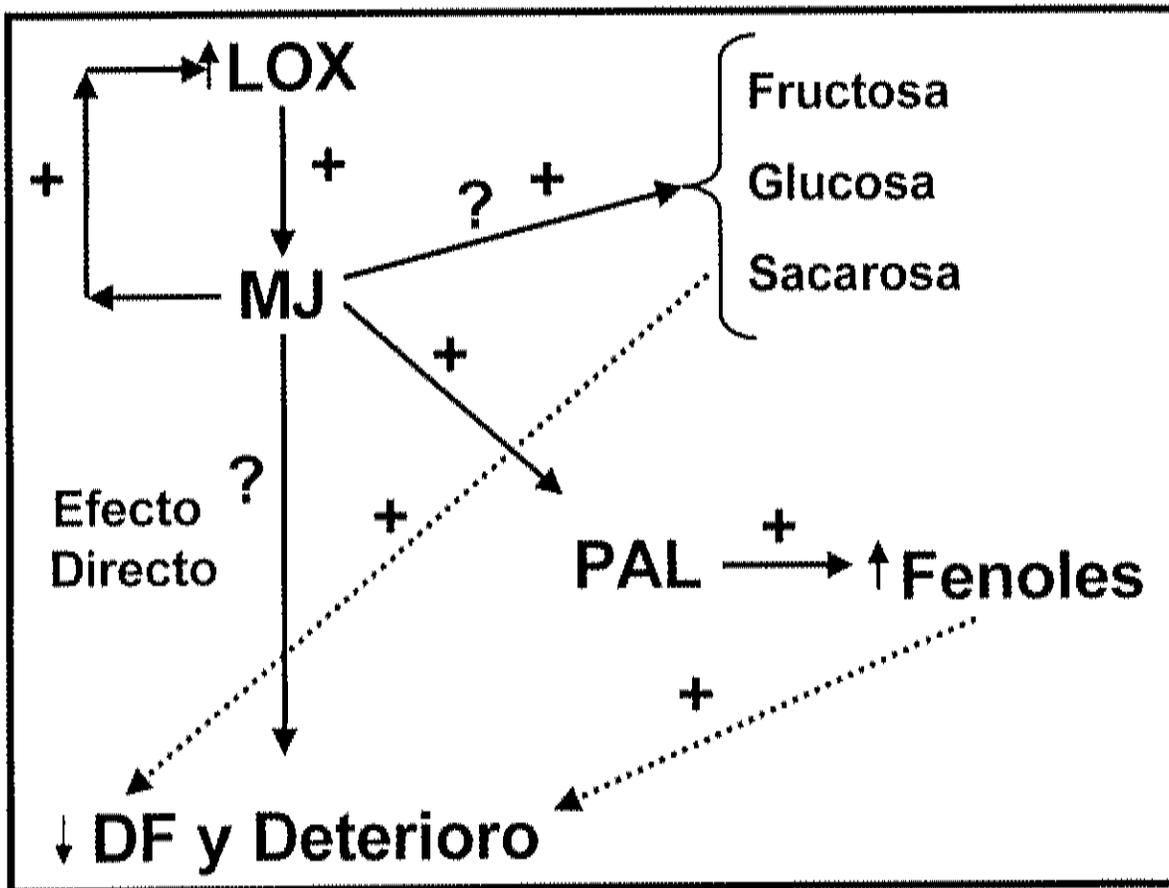


Figura 19.- Modelo propuesto como posible modo de acción del MJ en frutos de guayaba almacenado a 5°C.

10.- BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 14th Ed. Williams S. Ed. Association of Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Akamine, E.K. y Goo T. 1979. Respiration and ethylene production in fruits of species and cultivars of *Psidium* and species of *Eugenia*. Journal of the American Society for Horticultural Sciences 10:632-635.
- Andris, H. y Crisosto, C. H. 1996. Reflective materials enhance Fuji apple color. California Agriculture, September- October, pp. 27-30.
- Anthon G. E. y Barrett D. M. 2000. Colorimetric method for the determination of lipoxygenase Activity. J. Agric. Food Chem. 49:1:32-37
- Anthon, G. E. y Barrett D. M. 2001. Colorimetric method for the determination of lipoxygenase activity. J. Agric. Food Chem. 49: 32-37
- Arenas de M. L., M. Marín, C. Castro de R, y L. Sandoval. 1995. Determinación por HPLC de los azúcares en los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) de una plantación comercial del Municipio Mara. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 12(4):467-483.
- Arévalo, M. de L. G., Saucedo C. y Larrivia J. 1994. Efecto del uso de las películas plásticas y el preacondicionamiento en la calidad de frutas de toronja. Memorias de la XL Reunión de Interamerican Society Tropical Horticultural. pp. 107.
- Arrigoni, O y De Tullido, M. C. 2000. The role of ascorbic acid in cell metabolism: between gene-directed functions and unpredictable chemical reactions. J Plant Physiol. 157. 481-488.
- Asaki, Y. A., Samizu, E. A., Hibata D. S., Akamura, Y. M., Koichiro A. W., Masayuki A. M., Chikara, K. U., Taneaki, T. S., Tatsuru, M. A., Hiroshi, S. H., Ken-ichiro, T. A., Hiroyuki, O. H. y Satoshi T. A. 2002. Monitoring of methyl jasmonate-responsive Arabidopsis by cDNA microarray: Self-activation of jasmonic acid biosynthesis and crosstalk with other

Bibliografía

phytohormones signaling pathways. Department of Biological Sciences, Research Institute Kisarazu, Chiba 292-0812, Japan

- Assis, J. S., Maldonado R., Muñoz T., Escribano M. I. y Merodio C. 2001. Effect of high carbon dioxide concentration on PAL activity and phenolic contents in ripening cherimoya fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 23: 33-39.
- Avdiushko, S., Croft, K. P. C., Brown, G. C., Kackson, D. M., Hamilton-Kemp, T. R., y Hildebrand, D. 1995. Effect of volatile methyl jasmonate on the oxylipin pathway in tobacco, cucumber, and *Arabidopsis*. *Plant Physiol*. 109:1227-1230.
- Azcón-Bieto, J. y Talon, M. 1996. *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Mc Graw Hill-Interamericana de España. Segunda edición. Cap. 10
- Báez, S. R. 1998. Importancia del manejo postcosecha de frutas y verduras y vinculación de los centros de enseñanza e investigación. CYTED. Subprograma XI. Memorias del 1^{er} Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agro-exportaciones, Hermosillo Sonora, México. pp. 4-9.
- Baldwin, E. A., Burns, J. K., Kazokas, W., Brecht, J. K., Hagenmaier R. D., Bender, R. J. y Pesis, E. 1999. Efecto de dos recubrimientos comestibles con diferentes características de permeabilidad en la maduración del mango (*Mangifera indica* L.) durante almacenamiento. *Postharvest Biology and Technology*. No. 17, pp 215-226.
- Barret, D. M. y Theerekulkait, C. 1995. Quality indicators in blanched, frozen, stored vegetables. *Food Technology*. 64-66.
- Ben-Yehoshua, S. 1985. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic films. A new postharvest technique. *Hortscience*. 20 (1): 32-37
- Blankenship, S. M., Unrath, C. R. 1988. Pal and ethylene content during maturation of "Red Delicious" and "Golden Delicious" apples. *Phytochem.*, 27: 1001-1003.

Bibliografía

- Blée, E. y Joyard, J. 1996. Envelope membranes from spinach chloroplasts are a site of metabolism of fatty acid hydroperoxides. *Plant Physiol.* 110: 445-454.
- Blée, E. y Schuber F. 1993. Biosynthesis of cutin monomers. Involvement of a lipoxygenase-peroxygenase. *Plant Physiol.* 4: 113-123.
- Boris, M. y Alcalá. B. 1987. Algunas alteraciones nutricionales en guayabo (*Psidium guajava* L.). Chapingo. Año XII. pp. 56-57. Abril-Diciembre.
- Bostock , R. M., Yamamoto, H., Choi, D., Ricker, K. E., y Ward, B. L. 1992. Rapid stimulation of 5-lipoxygenase activity in potato by the fungal elicitor arachidonic acid. *Plant Physiol.* 100: 1448-1456.
- Bowsher, C. G., Ferie. B. J., Ghosh. S., Todd. J., Thompson. J. E. y Roth-Stein S. J. 1992. Purification and partial characterization of a membrane associated lipoxygenase in tomato fruit. *Plant Physiol.* 100: 1802-1807.
- Boyes, S., Perera, C. y Young, H. 1992. Kiwifruit lipoxygenase: Preparation and characteristics. *J. of Food Science.* 57 (6): 1390-1394.
- Brinder, R.G. y Flath. R.A. 1989. Volatile components of pineapple guava. *J. Agric. Food Chem.* 37:734-736.
- Broughton, W. J. y Leong, S. F. 1979. Maturation of Malaysian fruits. III. Storage conditions and ripening of guava (*Psidium guajava* L. var. GU3 and GU4). *Mardi Research Bulletin* 7, 12-25.
- Buta, G. J. y Moline H. E. 1998. Methyl jasmonate extends shelf life and reduces microbial contamination of fresh-cut and peppers. *J. Agric. Food Chem.* 46:1253-1256.
- Cajuste, J. B., López L. L. y Rangel M. J. 1994. Efecto del almacenamiento en combinación con las envolturas plásticas en la conservación del fruto de aguacate. *Memorias de la XL Reunión de Interamerican Society Tropical Horticultruel.* pp. 156-158.
- Carolus, R. C. 1971. Evaporative cooling techniques for regulating plant water stress. *Hort Sci.*, 6, 23-25.

Bibliografía

- Chan, H. T. y Kwok, S. C. M. 1975. Identification and determination of sugar in some tropical fruit products. *J. Food Sci.* 40:419-420.
- Chang-Cheng, C., Shu-Yueh, C., y Chung-May, W. 1992. Differences of volatile and nonvolatile constituents between mature and ripe guava (*Psidium guajava* Linn) fruit. *J. Agric. Food. Chem.* 40: 846-849.
- Cheng, G. W. y Breen, P. 1991. Activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116 (5), 865-869.
- Cohen, Y., Grisi, U., y Mosinger, E. 1993. Local and systemic protection against *Phytophthora infestans* induced in potato and tomato by jasmonic acid and methyl jasmonate. *Phytopathology*. 83:1054-1062.
- CONAFRUT, 1987. Inventario Frutícola. Subdirección de planeación y Evaluación.
- Creelman, R. A., Tierney L y Mullet, J. E. 1992. Jasmonic acid/methyl jasmonate accumulate in wounded soybean hypocotyls and modulated wound gene expression. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 89:4938-4941
- Creelman, R. A. y Mullet, J. E. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48, 355-381
- Czapski, J., Horbowcs, M. y Saniewski, M. 1922. The effect of methyl jasmonate on free fatty acids content in ripening tomato fruits. *Biol Plant.* 34:71-76.
- Dangyang, K. y Saltveit, M. E. 1988. Plant hormone interaction and phenolic metabolism in the regulation of russet spotting in Iceberg lettuce. *Plant Phys.* (88): 1136-1140.
- Dangyang, R. y Saltveit, M. E. 1989. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. *Physiol. Plantarum.* 76: 412-418.
- Darvill, A. G. y Albersheim, P. 1984. Phytoalexins and their elicitors-a defense against microbial infection in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35: 243-275

Bibliografía

- De la Cruz, V., G., Polo, M. M. O., Peniche, M. R., Cárdenas, R. M., 1998. Effect of temperature, relative humidity and coating on guayaba respiration. *Cienc. Tecnol. Aliment.* Vol. 2, No. 2, pp. 54-59.
- De Lumen, B. O., Stone, E. J., Kazeniac. S. J. y Forsythe. R. H. 1978. Formation of volatile flavor compounds in green beans from linoleic and linolenic acid. *J. Food Sci.* 43: 689-702.
- De Moreno, A. L., Marín. M., De Rincon. C. C. y Sandoval, L. 1995. Determinación por HPLC de los azúcares en los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) de una plantación comercial del Municipio Mara. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 12:467-483.
- De Pooter, N.M. y Schamp. 2002. Implicación del catabolismo lipoxygenase-mediado del lípido en el comienzo de la producción autocatalytic del etileno de apples (delicioso de oro del cv): una hipótesis de maduración <http://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.actahort.org/books/258/&prev=/search%3Fq%3D%2BLipoxygenase%2Bfruits%2Beffects%26hl%3Des%26sa%3DG>
- Diallinas, G. y Kanellis, A. K. 1994. A phenylalanine ammonia-lyase gene from melon fruit: cDNA cloning, sequence and expression in response to development and wounding. *Plant Molecular Biology* 26:473-479.
- Díaz-Pérez, J.C., Mejía A., Bautista S., Zavaleta R., Villanueva R. y Gomes R. L. 2001. Reponse of sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) M.E. Moore & Team) fruit to hot water treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 22:159-167.
- Dixon., R. A. y Paiva N. L. 1995. Stress-Induced Phenylpropanoid metabolism. *Review. The Plant Cell.* (7): 1085-1097.
- Dixon, R.A. 1986. The phytoalexin response: elicitation, signaling, and control of host gene expression. - *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, Vol.61, p.p.239-292.

Bibliografía

- Doares, S. H., Syrovets, T., Weiler, E. W., y Ryan, C. A. 1995. Oligogalacturonides and chitosan activate plant defensive genes through the octadecanoid pathway. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 92: 4095-4098
- Doner, L. W. y Hickt, K. B. 1981. High-performance liquid chromatographic separation of ascorbic acid, erythorbic acid, dehydroascorbic acid y diketogluconic acid. *Analytic Biochemistry*. 115: 225-230.
- Douglas, C. M. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamerica. México, D. F. pp. 155-170.
- Droby, S. Porat R., Cohen L., Weiss B. Shapiro B. Philosoph-Hadas S. y Mier S. 1999. Suppressing green mold decay in grapefruit with postharvest jasmonate application, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124:184-188.
- El-Zorkani, A. S. 1968. A preliminary report on vitamina C, sugar, pectin and acid contents of guava. *Agric. Res. Rev.* 26:107-126.
- Fan, X., Mattheis, J. P., Fellma, J. K., y Patterson, M. E. 1998. Effect of methyl jasmonate on ethylene and volatile production by Summer apples depends on fruit development stage. *J. Agric. Food Chem.* 45: 208-211.
- FAO. 1998. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago Chile, Serie: Tecnología Postcosecha 6 (07/05/01): <http://www.fao.org/inpho/vlibrary/x0055s/X0055Soo.htm>
- Garcla-Barrado, J. A. 2002. Purificación, Caracterización y Estudio de las Propiedades Cooxidativas de la Lipoxigenasa de Zanahoria. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura. España.
- Gardner, H. W. 1995 Biological roles and biochemistry of the lipoxigenase pathway. *HortScience*. 30:197-205
- González- Aguilar, G., Cruz R., Peregrino, A., Fortiz, J. C. Y. Wang y Báez R. 1998. Relación de los niveles de poliaminas y daños por frío en chiles pimientos preacondicionados y almacenados a bajas temperaturas. *Horticultura Mexicana*, Vol 6:56-63.

Bibliografía

- González, J. G., Coggon, P. y Sanderson, G. W. 1972. Biochemistry of tea fermentation: Formation of α -2-hexanal from linolenic acid. *J. Food Sci.* 37: 797-798.
- González-Aguilar G. A., Zacarias, L. y LaFuente M. T. 1998. Ripening affects high temperature induces and their during cold storage of fortune mandarins. *J. Agric. Food Chem.* 46:3503-3508.
- González-Aguilar, G. A., Buta J. B. y Wang. C. Y. 2001. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of "Kent" mangoes. *J. Science of Food and Agriculture.* 81: 1244 – 1249.
- González-Aguilar, G. A., Fortiz J., Cruz R., Báez R. y Wang C. Y. 2000. Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of Mango fruit. *J. Agric. Food Chem.* 48:515-519.
- González-Aguilar, G. A., Fortiz J., y Báez-Sañudo R. 1998. Efecto del metil jasmonato sobre la calidad y reduccion de los sintomas de daño por frío en frutos de mango "Tommy atkins" *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha* vol. 1 (1): 32-38.
- González-Aguilar, G. A., Zacarias L., Mulas M. y LaFuente M. T. 1997. Temperature and duration of water dips influence chilling injury, decay and polyamine content in "Fortune" mandarins. *Post. Harvest Biology and Tech.* 12:61-69.
- Grosch, W. y Schwarz. J. 1971. linoleic and linolenic acid as precursors of the cucumber flavor. *Lipids.* 6: 351:352.
- Gross, D. y Parthier, B. 1994. Novel natural substances acting in plant growth regulation. Mini-Review. *J. Plant. Growth Regulation.* 13:93-114.
- Guiliard, T. y Metthew, J. A. 1977. lipoxygenase-Mediated Cleavage of fatty acids to carbonyl fragments in tomato fruits. *Phytochemistry.* 16: 339-343.
- Gundlach, H., Muller, M. J., Kutchan, T. M., y Zenk, M. H. 1992. Jasmonic acid is a signal transducer in elicitor-induced plant cell cultures. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89: 2389-2393.

Bibliografía

- Haga, M., Haruyama, T., Kano, H., Sekisawa, Y., Usushizaki, S. y matsumoto, K. 1998. Dependence on ethylene of the induction of phenylalanine ammonia-lyase activity in rice leaf infected with blast fungus. *Agric. Boil. Chem.* 52 (4): 943-950.
- Hanlbrock, K y Griesebach, H. 1979. enzymatic controls in the biosynthesis of the lignins and flavonoids. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 30: 105-130.
- Harbone, J. B. y Baxter, H. 1993. Phenylpropanoids. In: *Phytochemical Dictionary: A Handbook of Bioactive Compounds from Plants* (Harbone, JB and Baxter H, eds.) Taylor and Francis, London-Washington, DC, 472-488.
- Hardenburg, R. E., Watada A. E., y Wang C. Y. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. U.S. Dept. Agr. Handbook. 66, Washington, D.C.
- Hardenburg, R. E., Watada, A. E. y Wang, C. Y. 1990. The comercial storage of fruits vegetables and florist and nursery stocks. U. S. Dept. Agr. Handbook. 66, Washington, D. C.
- Hatton, T. T. 1990. Reduction of chilling injury with temperate manipulation. In Wang, C.Y. (Ed) Boca Raton, Florida, USA, CRC. Press pp. 269-280.
- Hermann, K. 1994. Constituents and uses of important exotic fruit varieties. II. Papaya and guava. *Industrielle-Obst-und-Gemueseeverwertung* 79 (2), 34-41.
- Hernández, E. 2001. Direcciones actuales en la investigación de productos naturales procedentes de las plantas. *Revista de la facultad de Agronomía (LUZ)*. 1(1):37-58.
- Hernández, H. 2002. Cambios físicos y químicos durante la maduración de cambures y plátanos. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 7(1):7-19
- Holland, N., Hilary, C., Menezes, Lafuente T. M. 2002. Carbohydrates as related the heat-induced chilling tolerance and respiratory rate of "Fortune"

Bibliografía

- mandarin fruit harvest at different maturity stages. *Postharvest Biology and Technology* 25: 181-191.
- Hyodo, H. y Yang, S. F. 1971. Induction of phenylalanine ammonia lyase and increase in phenolics in ethylene. *Plant Physiol*, 62:31-35.
- Hyodo, H., Kuroda, H. y Yang, S. F. 1978. Induction of phenylalanine ammonia-lyase and increase in phenolics in lettuce leaves in relation to the development of russet spotting caused by ethylene. *Plant Physiol*. 62: 31-35
- Iglesias I., Faro, D., Grell, J., Larrigaudiere, C., Recasens, I., Echeverria, G y Vendrell, M. 1999. Efecto del sistema de riego en la coloración de los frutos, contenido de antiocianinas y actividad de fenilalanina amonioliasa (PAL), en manzanas cv "starking Delicious". *Invest. Agr. Prod. Veg.* Vol. 14 (1-2).
- Ismail, M. A. y Brown, G. E. 1979. Postharvest wound healing in citrus fruit: induction of phenylalanine ammonia-lyase injured "Valencia" orange flavedo. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 126-129.
- Jiménez-Escribá, A., Rincón, M., Pulido, R. y Saura-Calixto, F. 2001. Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.* 49: 5489-5493.
- Jones, D. H. 1984. Phenylalanine ammonia-lyase: Regulation of its induction and its role in plant development. *Phytochemistry*, 23:1349-1359.
- Kader, A. A. 1985. Quality Factors: Definition and evaluation for fresh horticultural crops. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California-Davis. 20:118-121.
- Kader, A. A., Kasmire, R.F. Mitchell, F.G., Reid, M.S. Sommer, N. F. y Thompson, J F. 1992. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Cooperative Extension. University California.
- Kader, A. A., Zagory, D. y Kerbel, E. L. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Rev. Food Sci. Nutrition*, 28(1):1-9.

Bibliografía

- Kader, A. A. 1993. Postharvest Biology and Technology: an overview. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. pp. 15-30
- Kramer, G. F. y Wang C.Y. 1989. Correlation of reduce of chilling injury with increased spermina and spermidina levels in zucchini squash. *Physiologia Plant* 76:479-484.
- Kratsch, H. A. y Wise, R. R. 2000. The ultrastructure of chilling stress. *Plant, Cell and Environment*. 23:337-350.
- Kumar, R. y Hoda, M. N. 1974. Fixation of maturity standards of guava (*Psidium guajava L.*). *Indian J. Hort.* 31(2): 140-144.
- Lafuente, M. T. Zacarias, L., Martínez-Téllez, M. A., Sanchez-Ballesta, M. T. y Dupille, E. 2001. Phenylalanine amonia-liase as related to ethylene in the development of chilling symptoms during cold storage of citrus. *J. Agriculture Food Chem.*49: 6020-6025.
- LaFuente, M. T., Belvers, A., Guye, M. G. y Salveit, M. E. 1991. Effect of temperature conditioning on chilling injury of cucumber cotyledons. Possible role of abscisic acid and heat shock proteins. *Plant Physiology*. 95:443-449.
- Laguado, N., E. Pérez, C. Alvarado y M. Marín. 1998. Características físico-químicas en tipos de guayaba cosechadas en dos plantaciones comerciales bajo condiciones de manejo diferentes. p: 26. En: Resúmenes del Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Hermosillo, México
- Laguado, N., Pérez, E., Alvarado, C. y Marín, M. 1999. Características físicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 16: 382-397.
- Lanka, S. 2000. State of the Economy. www.lanka.net/centralbank

Bibliografía

- Larrigaudiere, C., Pinto, E. y Vendrell, M. 1996. Differential effects of ethefon on color development of "Starking Delicious" apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol. 121 (4): 746-750.
- Lazan, H., y Ali, M. Z. 1997. Guava. In: *Tropical and subtropical fruits*. Shaw, P. E., Chan, H. T., jr., Nagy, S. y Wardowski, W. F. (eds). Volume III. Florida Science Coun. Publication, Florida, pp. 20
- Lebourdelles, J. 1967. La goyave aux Antilles. *Fruit*. 22 (9): 397-412.
- Lee, M. 1996. Physiological and biochemical changes related to methyl jasmonate-induced chilling tolerance for rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *J. Food Sci.* 45:138-141.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. In: *Chilling, Freezing and High Temperature Stresses*. Vol. I. Academic Press. New York, NY, p. 497.
- Lichtenthaler, R. S. 1987. Water stress on the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplast of maize. *Plant Physiology*. 59:6351-353.
- Lim, K. T. y Khoo, C. K. 1990. *Guava in Malaysia. Production, Pests and Diseases*. Tropical Press Pvt. Ltd. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Loiseau, J., Vu, B. L., Macherel, M-H. y Deunff L. Y. 2001. Seed lipoxygenase: occurrence and functions. *Invited Rev. Seed Science Research*. 11: 199-211.
- Luning, A. P., Carey, A. T., Roozen, J. P., y Wichers, H. J. 1995. Characterization of lipoxygenase in bell peppers at different ripening stage in relation to the formation of volatile flavor compounds. *J. Agric. Food Chem.* 43: 1493-1500.
- Lurie, S. y Klein J. D. 1991. Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to high-temperature stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:1007-1012.

Bibliografía

- Lyons, J. M., Raison, J. K. y Steponkus, P.L. 1980. The plant membrane in response to low temperature stress in crop plants. Academic Press, London and New York, U.S.A.
- Lyons, J. M. 1973. Chilling injury in plants. *Annv. Rev. Plant Physiology*. 24:445-446.
- Lyons, J. M. y Raison J. K. 1970. Oxidative activity of mitochondria isolated from plant tissue sensitive and resistant to chilling injury. *Plant Physiology*. 45:386-391.
- Martínez-Téllez, M. A. y LaFuente M. T. 1993. Chilling induced changes in phenylalanine ammonia-lyase activity in relation to chilling injury of "Fortune" mandarin. In: *Postharvest Physiology, Pathology and Technology for Horticultural Commodities: Recent Advances*. Ait-Oubahou y M. El-Otmani (Ed). pp. 269-272.
- Martínez-Téllez, M.A. y LaFuente M.T. 1997. Chilling induced changes in phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase and polyphenol oxidase activities in citrus flavedo tissue. *Acta Hortic*. 343:257-263.
- Mier, S., Droby S., Davidson, H., Alsevia, S., Cohen, L., Horev, B. y Philosoph-Hadas, S., 1998. Suppression of *Botrytis* rot in cut rose flowers by postharvest application of methyl jasmonate. *J. Postharvest Biology and Technology*. 1: 1-9
- Mier, S., Philosoph-Hadas S., Lurie S., Droby S., Akerman M., Zauberman G., Shapiro B., Cohen E. y Fuchs Y. 1996. Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate. *J. Bot*. 74: 870-874.
- MINOLTA. 1994. Precise color communication. Color control from feeling to instrumentation. 101 Williams Drive, Ramsey, New Jersey 07446, U.S.A.
- Mirjalili, N., y Linde, J. C. 1996. Methyl jasmonate induced production of taxol in suspension cultures of *Taxus cupsi-data*: ethylene interaction and induction models. *Biotechnol. Prog.* 12:110-118

Bibliografía

- Miszczak, A., Lange, E., Sanieswki, M., y Czapski, J. 1995. The effect of methyl jasmonate on ethylene production and CO₂ evolution in "Jonagold" apples. *Acta Agrobot.* 48: 121-128.
- Mitra, S. K. 1997. *Postharvest Physiology and Storage of tropical and Subtropical Fruits*, Cab International. pp. 145-165.
- Mohamed, S., Kyi, M. M. K. y Yusof, S. 1994. Effects of various surface treatments on the storage life of guava (*Psidium guajava* L.) at 10 °C. *J. Sci. Food. Agric.* 66:9-10.
- Moline, H.E., Buta J. G. y Saffther R.A. 1997. Comparison of three volatile natural products for the reduction of postharvest decay in strawberries. *Research Reports.* 6:13-17.
- Montague, M. J., 1997. Exogenous Jasmonic and Abscisic Acids Act Differentially in senescing Tissues from Oat Stem Segments. *J Plant Growth Regulation.* 16: 11-19
- Mowlat, G y S. Itoo. 1983. Changes in pectic components, ascorbic acid, pectic enzymes and cellulase activity in ripening and store guava (*Psidium guajava* L.) *J. Japanese Soc. Food Sci. Tech.* 30(8) 454-461. (Abstract).
- Murata, T. 1990. Relation of chilling stress to membrane permeability In: *Chilling injury of horticultural crops.* C. Y. Wang. (Ed). De CRC. Boca Raton, Fl. USA. P. 201 –210.
- Muy-Rangel, M. D., Pérez-Rubio V., Báez-Sañudo, M., García-Estrada R. y Siller-Cepeda J. 1999. Calidad poscosecha en cultivares mejorados de guayaba (*Psidium guajava*). *Horticultura Mexicana.* Vol. 7 (3) pp. 410-418.
- Nahar, N.; Rahman, S. y Mosihuzzaman. 1990. Analysis of carbohydrates in seven edible fruits of Bangladesh. *J. Sci. Food Agric.* 51: 185-192.
- NCSS, 6.02 Kaysville, Utah. 1996. *Statistical System for Windows.* Number Cruncher. Statistical System.
- Nojiri, H., Sugimori, M., Yamane, H., Nishimura, Y., Yamada, A., Shibuya, N., Kodama, O., Murofushi, N., y Omori, T. 1996. Involvement of jasmonic

Bibliografía

- acid in elicitor-induced phytoalexin production in suspensio-cultured rice cells. *Plant Physiol.* 110: 387-392
- Norby, H. E. y R. E. McDonald. 1990. Squalene in grapefruit wax as a possible natural protectant against chilling injury. *Lipids* 25 12:807-810.
- Olias, J. M., Rios, J. J., Valle, M., Zamora, R., Sanz, L. C. y Axelrod, B. 1990. Fatty acid hydroperoxyde lyase in germinating soybean seedlings. *J. Agric. Food Chem.* 38, 624-630.
- Olias, J. M., Sanz, L. C. y Pérez, A. G. 1991. Influencia del jasmonato de metilo en la maduración y postcosecha de manzana. En: *El etileno en la maduración y postcosecha de frutos y hortalizas*. Recansesns, J., Graell, M., Vendrell, M. (Eds) Paper kite, Lerida, Spain, 60-67.
- Olias, J. M., Sanz, L. C., Rios, J. J., y Pérez, A. G. 1992. Inhibitory effects of methyl jasmonate on the volatile ester forming enzyme system. *J. Agric. Food Chem.* 40: 266-270.
- Palmer, J. K. 1971. The Banana. In: *The Biochemistry of Fruits and Their Products*. A. C. (ed.), Academic Press, London.
- Pantástico, Er. B., Subramantan, M. B., Bhatti, M. B., Ali, N. y Akamine, E. K. 1979. Indices para cosecha. En "Fisiología de postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales". Cap. IV. CECSA. México
- Parthier, B., Bruckner, C., Dathe, W., Hause, B., Hermman, G., Knofel, H. D., Kramell, H. F., Kramell, R., Lhemman, J., Miersch, O., Reinbhote, S., Sembder, G., Wasternack, C. y Nieden, U. Z. 1992. Jasmonates: metabolism, biological activities, and modes of action in senescence and stress responses. In *Progress in plant Growth Regulation*. Karsen, C. M., Van Loon, L.C. y Vreugdenhil, D. V. (Ed). pp. 276-285, Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Paul, R.E. 1990. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origen. In: Wang, C.Y. (Ed) Boca Raton, Florida, USA, CRC. Press pp. 281-303.

Bibliografía

- Paul, R. E. 1994. Response of tropical horticultural commodities to insect disinfestations treatments. *HortScience*. 29: 988-996
- Paul, R. E. y Bittenbender, H. C., Chaplin, G., Martin-Prevel, P., y Proctor, F. 1989. Symposium on tropical fruit in international trade. Commission for tropical and subtropical horticulture working group on postharvest technology in tropical regions. Honolulu, Hawaii, U.S.A. pp: 301-305
- Peña-Cortés, H., Albercht, T., Prat, S., Weiler, E., y Willmitzer, L. y col., 1993. Aspirin prevents wound-induced gene expression in tomato leaves by blocking jasmonic acid biosynthesis. *Planta*. 191: 123-128
- Pérez, A. G., Sanz, C., Ollas, R., Ollas, y J. M. 1997. Effect of methyl jasmonate on in vitro strawberries ripening. *J. Agric. Food Chem.* 24: 3733-3737.
- Pérez, A. G., Sanz, C., Darby, G. R., y Ollas, J. M. 1993. Methyl jasmonate vapor promotes β -carotene synthesis and chlorophyll degradation in Golden delicious Apple Peel. *J. Plant Growth Regul.* 12: 163-167.
- Pérez, F.L., Ponce de Leon G.L. 1993. effect of harvesting season and postharvest treatments on storage life of Mexican limes (*Citrus aurantifolia* Swingle). *J. Food Quality* 16:339-354.
- Pérez-Tello, G. O., Silva-Espinoza B. A., Vargas-Arispuro, I., Briceño-Torres, B. O., y Martínez-Tellez, M. A. 2001. Effect temperature on enzymatic and physiological factors related to chilling injury in carambola fruit (*Averrhoa carambola* L.). *Biochemical and Biophysical Research Communications* 287: 846-851.
- Posner, G. H. y Asirvatham E. 1985. Synthesis of methyl jasmonate. *J. Org. Chem.* 50: 2589.
- Purvis, A.C. y Barmore, C. R. 1981. Involvement of ethylene in chlorophyll degradation in peel of citrus fruit. *Plant Physiol.* 68:854-856.
- Purvis A. C., Shewfelt R. L. y Gegogoeine J. W. 1995. Superoxide production by mitochondria isolated from green bell pepper fruit. *Physiol Plant* 94: 743-749

Bibliografía

- Purvis, A. C. y Grierson, W. 1982. Accumulation of reducing sugar and resistance of grapefruit peel to chilling injury as related to winter temperatures. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107: 139-142.
- Quiles, M. J., García, C., Rosauero, J. y Cuello, J. 1994. Efectos diferenciales de ABA y jasmonato de metilo en cloroplastos durante el envejecimiento foliar. *Sociedad Española de Fisiología Vegetal. IV Simposio. Metabolismo y modo de acción de fitohormonas.* Valencia. España.
- Raison, J. K y Orr G. R. 1990. Proposal for a better understanding of the molecular basis of chilling injury. In: C. Y. Wang (Ed). *CRC Press Boca Raton. Florida.* pp. 145-164.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43:439-463.
- Reggiani, R.N., Aurisano, Mattana M. y Bertani A. 1993. ABA induces 4-aminobutyrate accumulation in wheat seedling. *Phytochem.* 34:605-609.
- Rikin, A., Altzman, D. y Gitler C. 1980. Chilling injury in cotton *Gossypium hirsutum*, L.: Effects of antimicrotubular drugs. *Plant Cell Physiol.* 21:829.
- Riley. J. C. M., Willwmont, C. y Thompson. J. E. 1996. Lipoxygenase and hydroperoxide lyase activities in ripening tomato fruit. *Postharvest Biology and Tech.* 7: 97-107.
- Robert, P. y Good, T. 1983. Relationship of guava (*Psidium guajava* L.) fruit detachment force to stage of fruit development and chemical composition. *HortScience* 18(1): 65-67.
- Rodríguez, R., Agarwal, P.C. y Saha, N. K. 1974. Physico chemical changes during development of *Safeda guava* fruit. *Indian Food Packer.* 25: 5-12.
- Rodríguez, A. 1988. Manejo postcosecha de frutas menores en México. *Memorias del Simposio Nacional de Fisiología y Tecnología de Productos Horticolas en México.* pp 133.
- Rodríguez, F. A. 1991. Manejo postcosecha de frutas menores en México. En: Yahia, E. e Higuera I. *Memorias Simposio Nacional de Fisiología y*

Bibliografía

- Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas en México. LIMUSA. pp 133-134
- Rodríguez-Félix, A. 1991. Almacenamiento de guayaba (*Psidium guajava*) en Atmosferas Controladas. Reporte Anual. CIAD, Departamento de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. 23-25.
- Rodríguez-Félix, A., Martínez-Padilla, J. G., Soto-Valdéz, H. y Silveira-Graumont, M. J. 1992. Almacenamiento de guayaba (*Psidium guajava*) en atmosferas controladas. Reporte anual. Centro de investigación en alimentación y desarrollo (CIAD). Editado por Báez-Sañudo, R. pp. 23-25
- Ryan, C.A. 1992. The search for the proteinase inhibitor-inducing factor, PIIF. *Plant Mol. Biol.* 19:123-133.
- Sala, J. M. y Lafuente M. T. 1999. Catalase in the heat-induced chilling tolerance of cold-stored hybrid Fortune mandarin fruits. *J. Agric. Food Chem.* (47) 2410-2414.
- Salunkhe, D. K. y Kadam, S. S. 1995. Handbook of Fruit Science and Technology. Production, Composition, Storage and Processing. Marcel Dekker. (Ed). EEUU. pp.422-425
- Salunkhe, D. K. y Desai, B. B. 1984. Postharvest Biotechnology of Fruits. Vol II. Press Inc. Boca Raton, Florida. pp. 39-45.
- Salveit, M.E. y Morris. L. L. 1990. Overview on chilling injury of horticultural crops. In: Chilling injury of Horticultural Crops. Wang, C.Y. (Ed) Boca Raton, Florida, USA, CRC Press. pp. 3-15.
- Saniewski, M. Urbanek, H. y Czapski. J. 1987. Effect of methyl jasmonate on ethylene production, chlorophyl degradation, and polygalacturonase activity in tomtes. *J. Plant Physiol.* 127:177-181.
- Saniewski, M. y Czapski, J. 1983. The effect of methyl jasmonate on lycopene and β -carotene accumulation in ripening red tomatoes. *Experiencia* 39:1373-1374.

- Saniewski, M., Miszczak, L., Kawa-Miszczak, E., Wegrzynowicz-Lesiak, E., Miyamoto, K. y Ueda, J., 1998. Effects of Methyl Jasmonate on Anthocyanin Accumulation, Ethylene Production, and CO₂ Evolution in Uncooled Tulip. pp. 1147-1152.
- Saniewsky, M., Urbanek, H., y Czapsky, J. 1997. Effect of methyl jasmonate on ethylene production, chlorophyll degradation, and polygalacturonase activity in tomatoes. *J. Plant Physiol.* 127: 177-181.
- Saure, M. C. 1990. Extrernal control of anthocyanin formation in apple. *Science Hortic.*, 42, 181-218.
- Schweizer, P., Buchala, A., Silverman P., Seskar P., Raskin I and Jean-Pierre M., 1997. Jasmonate-Inducible are Activited in Rice by pathogen Attack without a concomitant increase in endogenous Jasmonic Acid Levels. *J. Plant Physiol.* 114: 79-88
- Sciancalepore, V. y Longe, V. 1984. Poliphenol oxidase activity and browning in green olives. *J. Agric. Food Chem.* (32): 320-321.
- Schrer, P. y Lorenz, G. 1982. Peparation, partial purification and characterization of a fatty acid hydroperoxyde cleaving enzyme from apple and tomato fruit. *J. Agric. Food Chem.* 43: 1493-1500.
- Sembdner y de Parthier. 1993. *Annu. Review. Plant Physiol. Mol. Biol.* 44: 569.
- Shahidi, F., Janitha, P. K. y Wanasundara, P. D. 1992. Phenolic antioxidants *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 32: 67-103.
- Sheng, J., lou, Y. y Wainwright, H. 2000. Studies on lipoxygenase and the formation of ethylene in tomato. *J. of Horticultural Sci. Biotech.* 75 (1): 69-71.
- Siddiqui, S., Sharma, R. K., y Gupta, O. P. 1991. Physiological and quality response of Guava fruits to posture during storage. *HortScience.* 26 (10): 1295-1297.
- Sideow, J. N. 1991. Plant lipoxygenase: Estructure and Function. *Annu Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.* 42:569-589.

Bibliografía

- Siriphanich, J. y Kader, A. A. 1985. Effect of CO₂ on total phenolics, phenylalanine ammonia lyase, and polyphenol oxidase in lettuce tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110(2):249-253.
- Smith, J. S., Villalobos M. C. y Kottmenn, C. M. 1986. Quantitative determination of sugar in various food products. *J. Food Sci.* 51(5):1373-1375.
- Somssick, E. y Hahlbrock, K. 1998. Pathogen defense in plants – a paradigm of biological complexity- *Trends in Plant Science* vol.3 (3), p.p. 86-89.
- Srivastava, H. C. y Narasimham, P. 1967. Physiological studies during the growth and development of different varieties of guava (*Psidium guava* L.). *J. Hort. Sci.* 42: 97-104.
- Steward, C. R. y Wheaton, T. A. 1972. Carotenoids in citrus: Their accumulation induced by ethylene. *J. Agric. Food Chem.* 20: 448-449.
- Stushnoff, C., Fowler, D. B. y Brule-Babel, A. 1984. Breeding and selection for resistance to low temperature. pp 115-136. *In* P.B. Vose (ed.) *Plant Breeding - A contemporary Basis*. Pergamon Press, Oxford.
- Tamagnone, L., Merida, A., Stacey, N., Plaskitt, K., Parr, A., Chang, C. F., Lynn, D. Dow, J. M., Roberts, K., y Martin, C. 1998. Inhibition of phenolic acid metabolism results in precocious cell morphology in leaves of transgenic tobacco plants. *Plant Cell.* (10); 1801-1816
- Tanaka, Y., Kojima, M. y Uritani, I. 1974. Properties, development and cellular-localitation of cinnamic acid 4-hydroxylase in cut-injured sweet potato. *Plant Cell Physiol.* 15:843-854.
- Thaler, J. S. 2001. Jasmonic acid mediated interections between plants, herbivores, parasitoids, and pathogens; A review of field experiments in tomato. *American Phytopathological Society Press.* pp. 319-334.
- Todorova M. T. L., Simeonova M. T. y Popova L. P. 1992. Changes in the Polypeptide Patterns of Barley Seedlings Exposed to Jasmonic Acid and Salinity. *J. Plant Physiol.* 98:700-707

Bibliografía

- Tresl, R., y Drawert, F. 1973. Biogenesis of banana volatiles. *J. Agric. Food Chem.* 21: 550-565.
- Tsai, F.-Y., Hung, K. T. y Kao, C. H. 1996. An Increase in Ethylene Sensitivity Is Associated with Jasmonate-Promoted Senescence of Detached Rice Leaves. *J. Plant Growth Regulation.* 15: 197-200.
- Turner, J. G., Ellis, C. y Devoto, A. 2002. The jasmonate signal pathway. *The Plant Cell. Supplement.* S153-S164.
- Unrath, C. R., 1972. The evaporative cooling effects of overtree sprinkler irrigation on "Red Delicious" apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 97, 55-58
- Vázquez, O. R. I. y Colinas, L. M. T. 1987. Changes in guavas of three maturity stages in response to temperature and relative humidity. *HotScience* 25(1): 86-87
- Villafuerte M. R. y Barrett D. M. 1997. Rapid methods for lipoxygenase Assay in sweet Corn. *J. Food Science.* 62:4:696-700
- Walling, L. L. 2000. The myriad plant responses to herbivores. *J. Plant Growth Regul.* 19: 195-216.
- Wang, C. Y. 1988. Changes in polyamine content in chine cabbage during and storage in air or low oxygen atmospheres. *J. Food. Quality.* 11:289-302.
- Wang, C.Y. 1990. Alleviation of Chilling of Horticultural Crops. In: C.Y. Wang (Ed), *Chilling injury of horticultural crops.* CRC Press. Boca Raton, Fla., pp. 281-303.
- Wang, C.Y. 1991. Effect of abscisic acid on chilling injury of zucchini squash. *J. Plant Growth Regul.* 10:101-105.
- Wang, C.Y. 1993 Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. *Hort. Rev.* 15:63-132.
- Wang, C. Y. 1994. Combined treatment of heat shock and low temperature conditioning reduces chilling injury in zucchini squash. *Postharvest Biol. and Technol.* 4:65-73.

Bibliografía

- Wang, C.Y. y Buta G 1998. Methyl jasmonate inhibits postharvest sprouting and improves storage quality of radishes. *J. Postharvest Biology and Technology* 14:179-183.
- Wang, C.Y. y Buta G. 1994. Methyl jasmonate reduces chilling injury in cucurbita pepo through its regulation of abscisic and polyamine levels *Environmental and Experimental Botany*. Vol. 43 4:427-432.
- Wasternack, C., Atzorn, R., Blume, B., Leopold, J. y Parthier, B. 1994. Ursolic acid inhibits synthesis of jasmonate-induced proteins in leaves. *Phytochemistry*. 35:49-54.
- Willet, M. 1989. Color development and enhancement in "Red Delicious" using over tree irrigation. *Proceeding of fifth annual warehouse seminar and trade show*. Washington State Horticultural Association. pp. 50.
- Williams, K. M. 1993. Use of evaporative cooling for enhancing apple fruit quality. *Good Fruit grower*, August, pp. 23-27.
- Williams, K. M. y Mayles, K. 1989. Use of evaporative cooling for enhancing red color in apple. *Proc. Wash. State Hortic. Assoc., Wenatchee, Wash: the Association (85 th)*; pp. 186-187.
- Wills, R.B.H., Mulholland, E.E., Brown, B. I. y Scott, K.J.1983. Storage of two new cultivars of guava fruit for processing. *Trop. Agric. (Trinidad)*. Vol. 60. No. 3 July. pp. 175-178.
- Wilson, C. W., Shaw. P.E. y Campell C. W. 1982. Determination of organic acids and sugars in guava (*Psidium guava* L.) cultivars by high-performance liquid chromatography. *J. of the Science of Food and Agriculture* 33:777-780.
- Wilson. C. W. 1980. Guava In: Nagy, S., y Shaw, P. E. (eds). *Tropical and Subtropical Fruits: Composition, Properties and Uses*. AVI Publ. Inc. Westport, Connecticut.

Bibliografía

- Witlow, T. H., Bassuk, N. L., Ranney, G. y Reichert, D. 1992. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. *Plant Physiol.* 98: 198-205.
- Woolf, A. B. y Lay-Yee, M. 1997. Pretreatments at 38°C of "Hass" Avocado confers Thermotolerance to 50°C Hot Water Treatments. *Hort Science*, 39:514-519.
- Yadava, U. L. 1996. Guava (*Psidium guajava* L.): An exotic tree fruit with potential in the southeastern United States. *Hort. Sci.* 31 5:789-794.
- Yahia E. e Higuera I. 1999. Memorias simposio nacional de fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas en México. LIMUSA.
- Yahia, E. K 1999. El desarrollo de tratamientos para disminuir el daño por frío y controlar insectos en frutas de guayaba en postcosecha. CONACYT. (Ed) pp. 5-22.
- Yahia, E. M. 1997. Avocado and guava fruits are sensitive to insecticidal MA and/or Heat. *Posth. Hort. Series No. 15:132-136.*
- Yahia, E. M. e Higuera I. 1992, *Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas*. C.I.A.D., Ed, Limusa. pp. 218-220.
- Yoon, S. y Klein, B. P. 1979. Some properties of Pea Lipoxygenase Isoenzymes. *J. Agric. Food. Chem.* 27 (5): 955-962).
- Yusof, S., Mohamed S. y AbuBakar A. 1988. effect of maturity on the quality and acceptability of guava puree. *Food Chem.* 30 (1): 45-58.
- Yusof, S. y Mohamed, S. 1987. Physico-chemical changes in guava (*Psidium guajava* L.) during development and maturation. *J. of the Science of Food and Agriculture* 38: 31-39.
- Zambrano, J. y Materano, W. 1999. Efecto del tratamiento de inmersión en agua caliente sobre el desarrollo de daños por el frío en frutos de mango (*Mangifera indica* L.). *Agronomía Tropical* 49(1):81-92.

Bibliografía

- Zhao J y Last, R. L. 1996. Coordinate regulation of the tryptophan biosynthetic pathway and indolic phytoalexin accumulation in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 8: 2235-2244
- Zimmerman, D.C. and Vick, B.A. 1970. Hydroperoxide isomerase: a new enzyme of lipid metabolism. *Plant Physiol.* 46: 445-453.
- Zuker, M. 1972. Enzymes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 23: 133-156.

11.- APÉNDICE

Tabla 1.- Resultados de la tasa de respiración y producción de etileno de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

		Tasa de respiración (mL CO ₂ /Kg h)						
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	
Control	51.07 ^a	17.37 ^a	25.31 ^a	11.23 ^a	21.89 ^a	18.11 ^a	38.82 ^a	
MJ 10 ⁻⁵ M	44.31 ^a	6.49 ^b	22.34 ^a	6.34 ^a	17.42 ^a	26.61 ^a	77.76 ^a	
MJ 10 ⁻⁴ M	47.91 ^a	6.89 ^b	19.02 ^a	7.05 ^a	23.90 ^a	16.11 ^a	68.80 ^a	
		Producción de etileno (µL C ₂ H ₄ /Kg h)						
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	
Control	46.21 ^a	7.26 ^a	23.87 ^a	6.52 ^a	19.25 ^a	5.73 ^a	23.20 ^a	
MJ 10 ⁻⁵ M	50.40 ^a	4.66 ^b	15.73 ^a	2.59 ^b	11.10 ^a	0.25 ^b	8.64 ^a	
MJ 10 ⁻⁴ M	47.95 ^a	2.19 ^b	10.19 ^a	1.41 ^b	9.40 ^a	3.12 ^a	23.43 ^a	

³ Estas determinaciones son dos días después de haber realizado las transferencias en frutos de guayaba

Las medias reportadas son de cuatro muestras de cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 2.- Resultados del índice de daño por frío y apariencia general en frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días más dos días a 25 °C.

		Índice de Daño por Frío (IDF) ^a			
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	10 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	15 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	
Control	1.00 ^a	1.60 ^a	3.40 ^a	4.20 ^a	
MJ 10 ⁻⁵ M	1.00 ^a	1.00 ^b	2.16 ^b	2.33 ^b	
MJ 10 ⁻⁴ M	1.00 ^a	1.20 ^b	1.60 ^b	2.60 ^b	
		Apariencia General (AG) ^b			
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	10 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	15 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	
Control	5.00 ^a	3.42 ^a	2.42 ^a	1.57 ^a	
MJ 10 ⁻⁵ M	5.00 ^a	4.28 ^b	3.85 ^b	3.42 ^b	
MJ 10 ⁻⁴ M	5.00 ^a	3.85 ^b	3.51 ^b	3.14 ^b	

^aEstas mediciones se realizaron solo a dos días después de cada transferencia en frutos de guayaba.

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 3.- Resultados de la tasa de respiración y producción de etileno de frutos de guayaba Hawaiana Roja almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

TRATAMIENTO	Inicial	Tasa de respiración (mL CO ₂ /Kg h)					
		5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]
Control	60.97 ^a	23.89 ^a	21.87 ^a	9.95 ^a	25.38 ^a	20.03 ^a	27.94 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	66.21 ^a	8.52 ^a	21.48 ^a	3.55 ^a	22.29 ^a	18.03 ^b	37.20 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	63.10 ^a	9.08 ^a	20.88 ^a	8.39 ^a	24.49 ^a	15.00 ^b	50.99 ^a
Producción de etileno (µL C ₂ H ₄ /Kg h)							
TRATAMIENTO	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]
Control	50.90 ^a	2.70 ^a	6.17 ^a	1.37 ^a	9.91 ^a	0.33 ^a	44.78 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	49.44 ^a	0.67 ^a	7.49 ^a	0.44 ^a	14.61 ^a	0.30 ^b	21.17 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	47.60 ^a	2.14 ^a	13.14 ^a	0.40 ^a	8.72 ^a	0.79 ^b	28.11 ^a

[§] Estas determinaciones son a dos días después de haber realizado las transferencias en frutos.

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 4.- Resultados del índice de daño por frío y la apariencia general de frutos de guayaba Hawaiana Roja almacenados a 5°C durante 15 días más dos días a 25 °C.

TRATS	Inicial	Índice de Daño por Frío (IDF) ¹			
		5 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	10 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	15 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	15 d a 5 °C + 2 d a 25 °C
Control	1.00 ^a	2.20 ^a	3.40 ^a	4.40 ^a	4.40 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	1.00 ^a	1.28 ^b	1.71 ^b	2.42 ^b	2.42 ^b
MJ 10 ⁻⁴ M	1.00 ^a	1.50 ^b	1.75 ^b	2.62 ^b	2.62 ^b
Apariencia General (AG) ¹					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	10 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	15 d a 5 °C + 2 d a 25 °C	15 d a 5 °C + 2 d a 25 °C
Control	5.00 ^a	3.70 ^a	2.50 ^a	1.80 ^a	1.80 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	5.00 ^a	4.90 ^b	4.10 ^b	3.90 ^b	3.90 ^b
MJ 10 ⁻⁴ M	5.00 ^a	4.30 ^b	3.80 ^b	3.20 ^b	3.20 ^b

¹ Estas mediciones se realizaron solo a dos días después de haber sido transferidos a 25°C.

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 5.- Resultados de pérdida de peso, ángulo de matiz y firmeza de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

		Pérdida de Peso (%)					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s
Control	0.33 ^a	1.62 ^a	5.17 ^a	3.47 ^a	4.32 ^a	3.57 ^a	6.35 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	0.33 ^a	1.41 ^a	2.08 ^b	1.64 ^b	3.92 ^a	1.87 ^a	3.45 ^b
MJ 10 ⁻⁴ M	0.33 ^a	0.90 ^a	5.26 ^a	1.135 ^a	4.72 ^a	1.39 ^b	3.00 ^b
		Ángulo de matiz					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s
Control	-39.47 ^a	-19.67 ^a	-2.21 ^a	-10.52 ^a	5.00 ^a	1.36 ^a	19.21 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	-39.47 ^a	-28.64 ^b	-11.81 ^b	-18.24 ^b	-3.42 ^b	-15.24 ^b	2.45 ^b
MJ 10 ⁻⁴ M	-39.47 ^a	-25.23 ^b	-8.02 ^b	-15.91 ^b	-1.79 ^b	-10.41 ^c	5.31 ^b
		Firmeza (N)					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s
Control	33.09 ^a	24.25 ^a	21.32 ^a	21.10 ^a	15.34 ^a	18.92 ^a	13.64 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	33.09 ^a	26.48 ^a	22.10 ^a	24.03 ^a	18.35 ^a	20.55 ^a	16.91 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	33.09 ^a	24.06 ^a	20.15 ^a	22.44 ^a	18.27 ^a	19.20 ^a	16.81 ^a

^s Estas determinaciones son dos días después de cada transferencia en frutos de guayaba

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 6.- Resultados de sólidos solubles totales, pH y porcentaje de acidez titulable de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

		Sólidos Solubles Totales					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	7.62 ^a	10.33 ^a	9.87 ^a	10.52 ^a	8.52 ^a	8.82 ^a	9.45 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	7.62 ^a	9.33 ^a	10.15 ^a	10.15 ^a	9.77 ^a	7.52 ^a	8.12 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	7.62 ^a	8.10 ^a	9.35 ^a	10.87 ^a	9.10 ^a	10.22 ^b	10.10 ^a
pH							
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	4.10 ^a	4.46 ^a	4.33 ^a	4.23 ^a	4.46 ^a	4.21 ^a	4.38 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	4.10 ^a	4.45 ^a	4.29 ^a	4.32 ^a	4.48 ^a	4.44 ^a	4.55 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	4.10 ^a	4.20 ^a	4.30 ^a	4.32 ^a	4.18 ^a	4.28 ^a	4.44 ^a
Porcentaje de Acidez Titulable (%AT)							
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	0.60 ^a	0.49 ^a	0.42 ^a	0.62 ^a	0.33 ^a	0.55 ^a	0.58 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	0.60 ^a	0.39 ^a	0.46 ^a	0.46 ^a	0.46 ^a	0.50 ^a	0.45 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	0.60 ^a	0.57 ^a	0.42 ^a	0.47 ^a	0.62 ^a	0.48 ^a	0.21 ^c

³ Estas determinaciones son dos días después de cada transferencia realizada en frutos de guayaba.

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 7.- Resultados de pérdida iónica de los frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

TRATS	Inicial	Pérdida iónica (%PI)					
		5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s
Control	12.36 ^a	20.47 ^a	20.23 ^a	21.76 ^a	21.96 ^a	24.91 ^a	20.17 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	12.36 ^a	19.24 ^a	18.23 ^a	18.46 ^a	20.61 ^a	18.55 ^b	9.70 ^b
MJ 10 ⁻⁴ M	12.36 ^a	20.36 ^a	19.61 ^a	18.78 ^a	20.91 ^a	18.66 ^b	24.20 ^b

^s Estas determinaciones son dos días después de cada transferencia realizada en frutos de guayaba.

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 8.- Resultados de pérdida de peso, ángulo de matiz y firmeza de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

		Pérdida de Peso (%)					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	0.43 ^a	0.96 ^a	12.50 ^b	1.28 ^a	4.03 ^a	2.43 ^a	5.89 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	0.43 ^a	0.72 ^a	7.50 ^a	2.14 ^a	3.82 ^a	2.57 ^b	4.25 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	0.43 ^a	1.20 ^a	5.53 ^a	1.99 ^a	5.03 ^a	2.09 ^b	3.10 ^b
		Ángulo de matiz					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	-28.09 ^a	-21.39 ^a	9.83 ^b	-3.42 ^a	26.12 ^a	11.88 ^a	39.42 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	-28.09 ^a	-25.58 ^a	-5.21 ^b	-11.76 ^a	5.79 ^b	-0.62 ^b	18.69 ^b
MJ 10 ⁻⁴ M	-28.09 ^a	-24.69 ^a	-0.33 ^c	-8.87 ^a	11.53 ^c	5.35 ^c	29.23 ^a
		Firmeza (N)					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	24.07 ^a	21.14 ^a	18.64 ^a	20.40 ^a	9.66 ^a	18.90 ^a	16.56 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	24.07 ^a	24.67 ^a	20.73 ^a	22.44 ^a	17.41 ^a	20.55 ^a	17.98 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	24.07 ^a	23.74 ^a	21.15 ^a	21.22 ^a	13.58 ^a	19.30 ^a	16.95 ^a

³ Estas determinaciones son a dos días de cada transferencia hecha en frutos de guayaba.

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento.

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 9.- Resultados de sólidos solubles totales, pH y porcentaje de acidez titulable de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

Sólidos Solubles Totales									
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	6.65 ^a	7.93 ^a	8.85 ^a	9.96 ^a	7.47 ^a	9.40 ^a	8.45 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	6.65 ^a	8.96 ^a	9.80 ^a	10.83 ^a	9.47 ^a	7.82 ^a	7.75 ^a		
MJ 10 ⁻⁴ M	6.65 ^a	7.36 ^a	7.97 ^a	9.20 ^a	8.87 ^a	9.65 ^a	7.22 ^a		
pH									
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	4.15 ^a	4.49 ^a	4.31 ^a	4.49 ^a	4.71 ^a	4.58 ^a	4.89 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	4.15 ^a	4.54 ^a	4.42 ^a	4.37 ^a	4.60 ^a	4.56 ^a	4.73 ^a		
MJ 10 ⁻⁴ M	4.15 ^a	4.66 ^a	4.48 ^a	4.46 ^a	4.42 ^a	4.29 ^a	4.54 ^a		
Porcentaje de Acidez Titulable (%AT)									
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	0.68 ^a	0.37 ^a	0.43 ^a	0.38 ^a	0.40 ^a	0.32 ^a	0.28 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	0.68 ^a	0.36 ^a	0.34 ^a	0.37 ^a	0.44 ^a	0.44 ^a	0.39 ^a		
MJ 10 ⁻⁴ M	0.68 ^a	0.47 ^a	0.58 ^a	0.47 ^a	0.33 ^a	0.51 ^a	0.46 ^a		

³ Estas determinaciones son a dos días de cada transferencia hecha en frutos de guayaba.

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 10.- Resultados de pérdida iónica de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

TRATS	Inicial	Pérdida iónica (%PI)					
		5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^s
Control	12.36 ^a	20.47 ^a	16.52 ^a	21.76 ^a	20.67 ^a	24.91 ^a	22.20 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	12.36 ^a	19.24 ^a	18.03 ^a	18.46 ^b	18.90 ^a	18.55 ^b	18.58 ^b
MJ 10 ⁻⁴ M	12.36 ^a	20.36 ^a	20.02 ^a	18.78 ^b	15.23 ^b	18.66 ^b	16.61 ^b

^s Estas determinaciones son a dos días después de cada transferencia realizada en frutos de guayaba a 25°C

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 11.- Resultados de clorofilas totales, vitamina C y fenoles de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

		Clorofilas Totales (µg/mL)					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	6.76 ^a	5.90 ^d	2.98 ^e	3.78 ^e	2.18 ^e	2.62 ^e	1.52 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	6.76 ^a	4.07 ^a	2.25 ^b	2.04 ^b	1.46 ^b	1.69 ^b	1.44 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	6.76 ^a	5.04 ^b	2.45 ^a	3.42 ^a	1.95 ^a	1.75 ^b	1.37 ^a
		Vitamina C (mg/100 g)					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	85.80 ^a	170.17 ^a	173.88 ^a	292.04 ^a	309.95 ^a	390.80 ^a	364.97 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	85.80 ^a	146.58 ^b	186.37 ^a	305.39 ^a	315.84 ^a	410.37 ^a	389.75 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	85.80 ^a	150.92 ^b	185.62 ^a	303.27 ^a	312.80 ^a	400.34 ^a	409.51 ^a
		Fenoles (mg/g.p.f)					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	0.006 ^a	0.0047 ^{3a}	0.0083 ^a	0.0055 ^b	0.0103 ^a	0.0064 ^{3a}	0.0091 ^c
MJ 10 ⁻⁵ M	0.006 ^a	0.0078 ^a	0.0087 ^a	0.0072 ^a	0.0088 ^{3a}	0.0113 ^a	0.0105 ^b
MJ 10 ⁻⁴ M	0.006 ^a	0.0096 ^a	0.0087 ^a	0.0106 ^a	0.0074 ^{3a}	0.0123 ^a	0.0104 ^a

³ Estas determinaciones son a dos días de cada transferencia en frutos de guayaba.

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 12.- Resultados de fructosa, glucosa y sacarosa de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

		Fructosa (mg/100 g)							
TRATS	Inicial	5 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³	10 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³	15 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³	20 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³
Control	31.80 ^a	32.17 ^a	34.88 ^a	33.04 ^a	37.95 ^a	34.80 ^a	36.97 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	31.80 ^a	39.17 ^b	43.37 ^b	40.04 ^b	45.84 ^b	41.80 ^b	43.75 ^b		
MJ 10 ⁻⁴ M	31.80 ^a	39.17 ^b	41.62 ^b	41.04 ^b	44.80 ^b	42.80 ^b	45.51 ^b		
		Glucosa (mg/100 g)							
TRATS	Inicial	5 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³	10 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³	15 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³	20 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³
Control	6.80 ^a	7.17 ^a	11.88 ^a	8.04 ^a	14.95 ^a	9.80 ^a	13.97 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	6.80 ^a	8.17 ^a	12.37 ^a	9.04 ^a	13.84 ^a	10.80 ^b	15.75 ^b		
MJ 10 ⁻⁴ M	6.80 ^a	8.17 ^a	12.62 ^a	10.04 ^b	15.80 ^a	11.80 ^b	13.51 ^a		
		Sacarosa (mg/100 g)							
TRATS	Inicial	5 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³	10 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³	15 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³	20 d a 5°C	+ 2 d a 25°C ³
Control	71.80 ^a	73.17 ^a	75.88 ^a	73.04 ^a	78.95 ^a	75.80 ^a	77.97 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	71.80 ^a	80.17 ^b	84.37 ^b	81.04 ^b	84.84 ^b	81.80 ^b	84.75 ^b		
MJ 10 ⁻⁴ M	71.80 ^a	79.17 ^b	86.62 ^b	82.04 ^b	89.80 ^c	83.80 ^b	86.51 ^b		

³ Estas determinaciones son a dos días de cada transferencia en frutos de guayaba

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 13.- Resultados de clorofilas totales, vitamina C y fenoles de frutos de guayaba Hawaiana Roja almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

		Clorofilas Totales (µg/mL)					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	7.36 ^a	6.88 ^a	3.58 ^a	3.92 ^a	1.26 ^a	1.84 ^a	1.12 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	7.36 ^a	5.73 ^a	2.32 ^b	3.01 ^b	1.63 ^a	1.44 ^b	1.59 ^b
MJ 10 ⁻⁴ M	7.36 ^a	5.58 ^a	2.67 ^b	2.42 ^c	1.54 ^a	1.24 ^b	1.48 ^b
		Vitamina C (mg/100 g)					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	17.68 ^a	61.70 ^a	83.07 ^a	88.21 ^a	103.33 ^a	115.80 ^a	96.1797 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	17.68 ^a	56.27 ^a	76.13 ^b	73.12 ^b	110.25 ^b	120.53 ^a	117.5363 ^b
MJ 10 ⁻⁴ M	17.68 ^a	55.95 ^a	75.90 ^b	70.81 ^b	116.62 ^c	118.53 ^a	112.9200 ^b
		Fenoles (mg/g.p.f)					
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	0.0062 ^a	0.0061 ^a	0.0100 ^a	0.0060 ^a	0.0063 ^a	0.0064 ^a	0.0078 ^a
MJ 10 ⁻⁵ M	0.0062 ^a	0.0063 ^a	0.0087 ^a	0.0084 ^b	0.0052 ^a	0.0078 ^a	0.0071 ^a
MJ 10 ⁻⁴ M	0.0062 ^a	0.0063 ^a	0.0075 ^a	0.0063 ^a	0.0069 ^a	0.0065 ^a	0.0067 ^b

³ Estas determinaciones son a dos días de cada transferencia en frutos de guayaba.

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento.

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 14.- Resultados de fructosa, glucosa y sacarosa de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

		Fructosa (mg/100 g)							
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	22.13 ^a	25.70 ^a	29.07 ^a	28.21 ^a	32.09 ^a	30.80 ^a	36.17 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	22.13 ^a	28.27 ^b	36.34 ^b	32.12 ^b	36.25 ^b	34.53 ^a	38.53 ^a		
MJ 10 ⁻⁴ M	22.13 ^a	32.27 ^c	35.90 ^b	37.12 ^b	39.62 ^c	39.53 ^b	40.92 ^b		
		Glucosa (mg/100 g)							
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	1.13 ^a	3.47 ^a	4.71 ^b	6.21 ^b	7.32 ^b	7.15 ^a	8.68 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	1.13 ^a	4.99 ^a	7.18 ^a	9.56 ^b	11.62 ^b	11.79 ^b	13.45 ^b		
MJ 10 ⁻⁴ M	1.13 ^a	4.27 ^a	5.90 ^a	8.12 ^b	10.77 ^b	10.53 ^b	12.66 ^b		
		Sacarosa (mg/100 g)							
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ³
Control	62.13 ^a	67.70 ^a	69.07 ^a	68.21 ^a	72.09 ^a	72.80 ^a	76.17 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	62.13 ^a	68.27 ^a	76.34 ^b	74.12 ^b	76.25 ^b	78.53 ^b	91.25 ^b		
MJ 10 ⁻⁴ M	62.13 ^a	71.27 ^a	74.90 ^b	77.12 ^b	79.62 ^b	81.53 ^b	94.62 ^b		

³ Estas determinaciones son a dos días de cada transferencia en frutos de guayaba

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Tabla 15.- Resultados de las enzimas PAL y LOX de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

TRATS		Actividad de PAL (μ moles de ac. cinámico/mg proteína)							
	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]
Control	328.62 ^a	205.82 ^a	278.45 ^a	621.25 ^a	247.59 ^a	144.27 ^a	570.78 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	328.62 ^a	264.13 ^a	398.72 ^b	907.85 ^b	489.34 ^b	277.42 ^b	440.82 ^b		
MJ 10 ⁻⁴ M	328.62 ^a	418.05 ^b	225.93 ^b	526.84 ^a	517.71 ^b	170.26 ^a	482.37 ^b		
TRATS		Actividad de LOX (μ moles de hidropéroxido de ac. linoléico /mg de proteína)							
	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C [§]
Control	0.12 ^a	0.17 ^a	0.94 ^a	0.20 ^a	0.53 ^a	0.32 ^a	0.23 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	0.12 ^a	0.27 ^a	0.88 ^a	1.02 ^b	0.54 ^a	1.13 ^b	0.92 ^b		
MJ 10 ⁻⁴ M	0.12 ^a	0.36 ^a	0.22 ^b	0.51 ^c	0.30 ^b	1.07 ^b	0.82 ^b		

[§] Estas determinaciones son a dos días de cada transferencia en frutos de guayaba

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Tabla 16. - Resultados de las enzimas PAL y LOX de frutos de guayaba Hawaiana Blanca almacenados a 5°C durante 15 días con sus transferencias.

		Actividad de PAL (μ moles de ac. cinámico/ mg proteína)							
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^a	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^a	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^a		
Control	354.36 ^a	1001.04 ^a	451.63 ^a	445.84 ^a	285.70 ^a	1014.71 ^a	694.58 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	354.36 ^a	1778.41 ^b	775.21 ^b	1212.58 ^b	1295.86 ^b	1546.67 ^a	1425.69 ^b		
MJ 10 ⁻⁴ M	354.36 ^a	1418.05 ^b	768.53 ^b	697.46 ^a	702.94 ^a	1295.19 ^a	1181.41 ^b		
		Actividad de LOX (μ moles de hidropéroxido de ac. linolénico /mg de proteína)							
TRATS	Inicial	5 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^a	10 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^a	15 d a 5 °C	+ 2 d a 25 °C ^a		
Control	0.12 ^a	0.15 ^a	0.27 ^a	0.15 ^a	0.22 ^a	0.15 ^a	0.12 ^a		
MJ 10 ⁻⁵ M	0.12 ^a	0.20 ^b	0.45 ^a	0.28 ^a	0.19 ^a	0.32 ^b	0.12 ^a		
MJ 10 ⁻⁴ M	0.12 ^a	0.15 ^a	0.38 ^a	0.23 ^a	0.17 ^a	0.34 ^b	0.12 ^a		

^a Esas determinaciones son a dos días de cada transferencia en frutos de guayaba

Las medias reportadas son de cuatro muestras en cada tratamiento

Medias con la misma letra no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)