

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA CONSERVACIÓN DEL FRUTO DE MANGO (*Manifera indica L.*) VARIEDAD VAN DYKE

Influence of temperature and storage time on quality of mango fruit (*Mangifera indica l.*) variety Van Dyke

Jesús A. Galvis¹, Harvey Arjona², Gerhard Fischer³, Thomas Landwehr⁴, Ricardo Martínez⁵.

RESUMEN

Mangos (*Mangifera indica L.*) Variedad Van Dyke en grado de madurez fisiológica, se almacenaron en tres temperaturas de refrigeración (12, 10 y 7°C) y H. R del 85 - 90%, por tiempos de 10, 20 y 30 días. Adicionalmente se almacenaron mangos a 18°C por 15 días, los cuales fueron tomados como testigo. Los mangos fueron cosechados de la finca Frutol, localizada en el municipio de El Espinal, departamento del Tolima. Temperatura media 29°C, altitud 431 m.s.n.m, humedad relativa del 70%, precipitación promedio anual 1368 mm.

Durante el almacenamiento se evaluaron características físicas como porcentaje de pérdidas de peso, dureza del fruto y de la pulpa. Además se evaluaron algunos cambios químicos y bioquímicos como la variación de los °Brix, el pH, el porcentaje de acidez, el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa y de ácidos (cítrico, málico, succínico y ascórbico). Finalmente se evaluaron los cambios de color de la corteza.

Del estudio se concluyó que la mejor temperatura de almacenamiento fue 12°C, en la cual el fruto maduró hasta alcanzar la madurez organoléptica en el día 30, lo cual equivale al doble del tiempo de conservación respecto a los mangos almacenados a 18°C.

El mango resultó ser sensible a las temperaturas de 10 y 7°C, la cual se caracterizó por la interrupción del proceso de maduración siendo más graves los daños por frío en la temperatura de 7°C. En la temperatura de 10°C, se presentó evolución de los cambios que caracterizan la maduración hasta el día 20, pero entre el día 21 y el día 30 los cambios fueron interrumpidos, lo que indica que los daños por frío se hicieron irreversibles a partir del día 21.

Palabras claves: almacenamiento refrigerado, daños por frío, cambios químicos, cambios físicos, azúcares, ácidos orgánicos.

SUMMARY

Mangos variety Van Dyke harvested at physiologic maturity were stored at low temperatures (12, 10 and 7°C), 85% RH, for 10, 20 and 30 days. Control mangos were stored at 18°C by 15 days. The fruits were harvested in the Frutol orchard, located in El Espinal, Tolima, average temperature 29°C, altitude 431 m, RH 70% and pluviosity of 1368mm.

During storage physical characteristics were evaluated as percentage of weight, firmness, fruit and pulp loss. Chemical and biochemical changes were also evaluated as the variation of °Brix, pH, percentage acidity, sucrose, glucose and fructose content and acids (citric, malic, succinic and ascorbic). Finally changes of color of the fruit skin were evaluated. Fruit stored at 12°C, ripened in 30 and were ready to eat. At this temperature the storage life doubled as compared to fruits stored at 18°C. Fruits turned to be sensitive to temperatures of 10 and 7°C resulting in interruption of the maturation process specially at 7°C. At 10°C, evolution of characteristic maturation changes developed until day 20, but between day 20 and day 30 changes were interrupted, which indicates that chilling injury became irreversible starting from day 20.

Key words: refrigerated storage, chilling injury, chemical changes, physical changes, sugars, organic acids.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la vida útil de los productos agrícolas mediante el uso de temperaturas bajas está basado en el hecho de que la intensidad respiratoria del fruto es disminuida, lo cual a su vez desacelera la velocidad de la actividad metabólica (Chaplin, 1987; Wills, 1998).

El mango es un fruto climatérico, ampliamente cultivado en las regiones tropicales, que presenta una alta susceptibilidad a los daños por frío (Salunkhe, 1984; Paull, 1991). Existen diferencias con relación a las temperaturas

¹ Ing. Agrícola, Candidato a Doctorado, Profesor asociado ICTA de la Universidad Nacional, sede Bogotá

² Ing. Agrónomo. Ph.D. Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional, sede Bogotá

³ Ing. Agrónomo, Ph.D, Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional, sede Bogotá

⁴ Ingeniero Hortofrutícola, Ph.D.

⁵ Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Coordinador del Programa de Biometría, CORPOICA

mínimas de conservación que puede soportar el mango. Lizada (1984), considera que la temperatura mínima es 10°C con un tiempo de almacenamiento entre 15 y 28 días. Sin embargo, Saucedo (1977), afirma que mangos de la variedad kent desarrollan daños por el frío a 10°C conservados por períodos entre 10 y 16 días. Las recomendaciones para el almacenamiento en variedades procedentes de la Florida son 13°C por 2 a 3 semanas (Paull, 1991). Matta (1995), reporta que mangos de la variedad Manila, presentan daños a 13 y 16°C.

El objetivo de este experimento fue estudiar la influencia de 3 temperaturas de refrigeración y 3 períodos de almacenamiento sobre el proceso de maduración del mango variedad Van Dyke.

MATERIALES Y METODOS

Frutos de mango variedad Van Dyke fueron cosechados en el grado de madurez fisiológica, de la finca Frutol localizada en el Municipio de El Espinal, departamento del Tolima, temperatura media 29°C, altitud 431 m.s.n.m, Humedad Relativa del 70%, precipitación: 1368 mm/año. Una vez cosechados los frutos fueron seleccionados, retirando frutos con daños. Seguidamente los mangos fueron colocados en canastillas plásticas de 20 K de capacidad y transportados al laboratorio de postcosecha de la planta de vegetales del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos -ICTA- de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. En el laboratorio, los frutos fueron nuevamente seleccionados y acondicionados mediante lavado y desinfección con una solución de 300 ppm de tiabendazol y enjuague con agua potable y posterior secado a temperatura ambiente. Posteriormente los mangos fueron distribuidos de manera aleatoria en 10 tratamientos (tabla 1).

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con arreglo factorial con 2 factores (Martínez et al., 1997; Steel et al., 1994). Temperatura: 7, 10, 12 y 18°C (4 niveles), tiempo de almacenamiento: 10, 20 y 30 días (3 niveles). La unidad experimental fue conformada por 3 frutos y se hicieron 3 repeticiones. Para cada una de las variables estudiadas se realizó análisis de varianza con el programa SAS versión 8.1 y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Sheffe.

Después de los diferentes intervalos de tiempo de almacenamiento se evaluaron las siguientes características: 1) Pérdida de peso; 2) Firmeza del fruto entero y de la pulpa; 3) pH; 4) acidez titulable; 5) sólidos solubles; 6) relación de madurez (RM); 7) color de la corteza, se evaluó mediante una escala de 1 - 6 : 1= verde y rojo; 2= verde y rojo con un 25% de color amarillo; 3= verde y rojo con 50% de color amarillo; 4= 70% de color amarillo y rojo con pequeños trazas verdes; 5= 90% de color amarillo y rojo con mínimas trazas verdes; 6= 100%

color amarillo y rojo encendido; 8) Contenido de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa), fueron determinados por cromatografía líquida de alta eficiencia (CLAE), de acuerdo con la metodología seguida por Senessi et al (1997). El contenido de azúcar fue expresado en g / 100g de pulpa.

La detección de los azúcares fue hecha a través de un detector refractométrico diferencial de la Compañía Waters. Los cromatogramas fueron obtenidos en un registrador y el Software Millenium fue utilizado para la determinación de las áreas. Soluciones de 0,01; 0,1; 0,5; 1,00 y 1,5 de cada azúcar patrón fueron usados para obtener la curva estándar y por comparación con tiempos de retención y áreas de integración de estándares se determinaron y cuantificaron los azúcares.

La determinación de ácido cítrico, ácido málico, ácido succínico y ácido ascórbico se hizo por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (CLAE).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró que la interacción temperatura por tiempo fue altamente significativa para todas las variables estudiadas. Por lo cual cada nivel de temperatura fue analizado separadamente y la prueba de Sheffe fue utilizada para comparar las medias de los tratamientos dentro de cada temperatura.

Pérdida de Peso

En todas las temperaturas de almacenamiento, el porcentaje de pérdida de peso de los frutos aumentó con el tiempo de almacenamiento (Tabla 2). Los frutos testigo fueron los que presentaron las mayores pérdidas de peso, durante los 15 días de almacenamiento.

Tabla 1: Temperaturas y tiempos de almacenamiento de mango variedad Van Dyke.

TRATAMIENTO TEMPERATURA TIEMPO		
Nº	°C	(Días)
1	7	10
2	7	20
3	7	30
4	10	10
5	10	20
6	10	30
7	12	10
8	12	20
9	12	30
10 (Testigo)	18	15

Tabla 2 : Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre las características físicas del mango variedad Van Dyke, almacenado en 3 temperaturas de refrigeración.

TRATAMIENTO		% de pérdida	Firmeza Fruta	Firmeza Pulpa	Color Corteza
Temp.°C	Tiempo (Días)	de peso	Kgf.	Kgf.	Escala 1 – 6
7	10	4.5 ^a	30.0 ^a	29.3 ^a	1 ^a
	20	9.0 ^b	30.0 ^a	24.0 ^b	1 ^a
	30	10.4 ^c	30.0 ^a	23.3 ^b	1 ^a
10	10	4.7 ^a	30.0 ^a	29.7 ^a	1 ^a
	20	9.9 ^b	28.7 ^a	19.7 ^b	2 ^b
	30	11.4 ^c	27.0 ^a	15.0 ^c	2 ^b
12	10	5.2 ^a	28.0 ^a	24.0 ^a	1 ^a
	20	10.4 ^b	23.3 ^b	9.0 ^b	4 ^b
	30	12.5 ^b	14.7 ^c	5.0 ^c	6 ^c
TESTIGO	15	15.0 ^d	7.6 ^c	3.5 ^c	6 ^c

Temp. Ambiente

Medias en cada grupo de temperatura con la misma letra, no son diferentes, según la prueba de comparación de Sheffe al 5% de probabilidad

En los tratamientos a temperaturas de refrigeración, los mangos almacenados a 12°C tuvieron las mayores pérdidas de peso, siendo significativas las diferencias con los frutos almacenados a 10 y 7°C. Este comportamiento era de esperarse ya que según Wills et al (1998), a mayor temperatura mayor intensidad respiratoria y velocidad de transpiración. Comportamiento similar encontraron Cohem et al (1994), durante el almacenamiento de limones y toronjas a 2 y a 13°C.

Firmeza del Fruto Entero

La pérdida de la firmeza es un factor muy importante en la palatabilidad de la fruta. La maduración del mango se caracteriza por el ablandamiento del fruto. Ello es debido a la acción de diferentes hidrolasas sobre los constituyentes de la pared celular, las cuales aumentan su actividad a medida que el fruto madura, y alteran las propiedades de algunos constituyentes de la célula, como por ejemplo la pectina (Knee and Bartley, 1981; Abu-Sarra and Abu-Goukh, 1982).

El testigo presentó la mayor pérdida de firmeza. Se presentaron diferencias en los valores de firmeza del fruto entre las temperaturas de almacenamiento en los tres tiempos estudiados (Tabla 2).

La firmeza de los frutos a 7°C no varió con el tiempo de almacenamiento, lo cual significa que el mango no maduró. Ello puede deberse a que la actividad de las enzimas que degradan los componentes de la pared celular es muy baja por efecto de esta temperatura. Mitcham (1992), y Farooqui (1985), encontraron un comportamiento similar en mangos de las variedades Keitt y Tommy Atkins.

A 10°C la firmeza de los frutos varió muy poco, alcanzando un valor de 27 Kgf., al día 30. Cuando los frutos sensibles al frío son almacenados a bajas temperaturas por períodos muy largos, se pueden presentar cambios en la actividad de las poligalacturonasas y pectinesterasas, encargadas del ablandamiento de los frutos, las cuales pueden ser afectadas en su síntesis y acción, que es una manifestación del daño por frío (Wang, 1982).

A 12°C la firmeza de los frutos disminuyó de manera continua durante los 3 períodos de almacenamiento; sin embargo, para el día 30 presentó un valor superior al testigo, lo que significa que el fruto maduró pero en un tiempo mayor.

Firmeza de la Pulpa

La firmeza de la pulpa disminuyó en las tres temperaturas y en los 3 tiempos de almacenamiento. La mayor pérdida de firmeza la presentaron los frutos almacenados a temperatura ambiente durante 15 días (Tabla 2).

En el día 10 de almacenamiento en las 3 temperaturas de refrigeración, la firmeza de la pulpa de los mangos presentó valores altos. En las temperaturas de 10 y 7°C, los valores encontrados fueron muy similares a los del primer día, 29.7 y 29.3 Kgf respectivamente.

A 12°C el valor presentado fue de 24 Kgf. Este comportamiento, pudo ser debido al efecto de las bajas temperaturas, las cuales pudieron haber afectado la acción de las enzimas que provocan el ablandamiento del fruto.

Las frutas almacenadas durante 20 días a 7 y 10°C mantuvieron valores altos de firmeza de la pulpa (24

y 19.7 Kgf), mientras que los frutos almacenados a 12°C presentaron un valor de firmeza de 9.0 Kgf, lo cual representa una pérdida del 70% respecto al primer día. Hay diferencias significativas en la firmeza entre los tratamientos de 7, 10 y 12°C. La razón de estas diferencias puede ser debida al efecto de las temperaturas de 7 y 10°C, sobre la acción de las enzimas que provocan el ablandamiento. Medlicott (1990), afirma que uno de los síntomas del daño por frío es el retraso del ablandamiento de los frutos. Por el contrario, a 12°C, se observa que aunque se disminuye la velocidad del ablandamiento de la pulpa, la acción enzimática no fue bloqueada.

La pulpa de las frutas almacenadas por 30 días perdió firmeza en las 3 temperaturas de almacenamiento. Sin embargo, a 12°C la pérdida de firmeza es mucho mayor que a 10 y que a 7°C, presentándose diferencias significativas entre los frutos almacenados a temperaturas de 7, 10 y 12°C. (Tabla 2).

Cambios de Color

La tabla 2 presenta los cambios de color de la corteza de los frutos de acuerdo con la escala establecida durante los 3 tiempos de almacenamiento en las 4 temperaturas.

El color de la corteza de los frutos almacenados a 18°C varió desde verde rojo (1 en la escala establecida) hasta amarillo y rojo encendido (6 en la escala establecida), característico del fruto maduro, al final del almacenamiento, día 15.

Los mangos almacenados a 12°C, alcanzaron el valor de 6 en la escala establecida después de 30 días de almacenamiento, lo que indica que en esta temperatura hubo degradación de la clorofila y se desarrollaron los

carotenoides y xantofilas, pero en el doble de tiempo respecto al testigo.

En los mangos almacenados a 10°C, al final del almacenamiento, el color de la corteza alcanzó el grado 2 de la escala establecida (verde rojo con 25% de color amarillo). Sin embargo, el amarillo presentado por el exocarpio fue demasiado pálido, lo que indica que en esta temperatura la maduración se dio incompleta respecto a la coloración de la corteza.

Los frutos almacenados a 7°C se vieron afectados significativamente en los cambios de color de la corteza, ya que al final del almacenamiento, día 30, el color del fruto se mantuvo en el valor 1 de la escala.

VARIABLES QUÍMICAS

Sólidos Solubles

Los sólidos solubles aumentaron en los frutos de todos los tratamientos durante los diferentes tiempos de almacenamiento (Tabla 3). Los frutos testigo alcanzaron el valor más alto de sólidos solubles al final del almacenamiento.

Los mangos almacenados a 7°C presentaron los valores más bajos de Sólidos Solubles durante el almacenamiento. En los 3 tiempos de almacenamiento (10, 20 y 30 días) el aumento de los sólidos solubles no fue significativo (Tabla 3).

En los mangos almacenados a 10°C, el valor de los °Brix entre el día 10 y el Día 20 presenta diferencias significativas, pero entre el día 20 y el día 30, no.

Tabla 3 : Efecto de la temperatura y el tiempo de conservación sobre los cambios químicos del mango variedad Van Dyke almacenado a tres temperaturas de refrigeración y posteriormente sometidos a maduración complementaria, por 5 días a temperatura ambiente.

TRAT.	TEMP. °C	TIEMPO				
		CONSERV. (DIAS)	°BRIX	pH	ACIDEZ	R.M.
1	7	10	10.6 ^a	3.14 ^a	1.212 ^a	8.74 ^a
2	7	20	11.7 ^a	3.12 ^a	1.071 ^b	10.97 ^a
3	7	30	12.6 ^a	3.19 ^a	0.772 ^c	16.32 ^b
4	10	10	12.3 ^a	3.23 ^a	1.002 ^a	12.29 ^a
5	10	20	14.5 ^b	3.34 ^b	0.825 ^b	17.57 ^b
6	10	30	15.1 ^b	3.91 ^c	0.724 ^b	20.85 ^b
7	12	10	15.0 ^a	3.44 ^a	0.630 ^a	24.41 ^a
8	12	20	17.5 ^b	3.98 ^b	0.510 ^a	34.31 ^b
9	12	30	19.7 ^c	4.39 ^b	0.246 ^c	80.00 ^c
TESTIGO	18	15	20.08 ^c	4.34 ^c	0.325 ^c	60.85 ^d

Medias en cada grupo de temperatura con la misma letra, no son diferentes según la prueba de comparación de Sheffe al 5% de probabilidad existen diferencias.

El comportamiento respecto a los °Brix en los frutos almacenados a 7 y a 10°C, sugiere que a estas temperaturas la acción de las enzimas pudo haber sido disminuida, siendo más drástica la disminución a 7°C como puede concluirse por los valores alcanzados durante el almacenamiento.

En los frutos almacenados a 10°C, puede inferirse que durante los primeros 20 días se presentó maduración aunque muy lenta, pero a partir del día 20, el daño por el frío se hizo irreversible.

Los frutos almacenados a 12°C presentaron aumento continuo de °Brix durante el almacenamiento; y, para el día 30 los sólidos solubles alcanzaron un valor cercano a los frutos almacenados a temperatura ambiente (Tabla 3).

Estos resultados indican que a la temperatura de 12°C, el mango Variedad Van Dyke madura respecto a esta variable, pero en un tiempo mayor, lo cual es beneficioso para la comercialización de la fruta.

pH

El pH de los frutos testigo, aumentó durante los 15 días de conservación. Al final el pH presentado por estos frutos fue el mayor.

Los mangos almacenados a 7°C no presentaron aumento significativo en el valor del pH, durante los diferentes períodos de almacenamiento, contrario a lo esperado que ocurra durante el proceso de maduración de los frutos (Lizada, 1993; Medlicott, 1985; Wills, 1998). Los resultados obtenidos (Tabla 3), sugieren que la síntesis y/o acción de las enzimas responsables de la degradación de los ácidos se vió interferida a esta temperatura.

El pH de los frutos almacenados a 10°C aumentó al final de los tres tiempos de almacenamiento. Sin embargo, estos aumentos fueron inferiores a los valores alcanzados por los mangos almacenados a 12°C.

En los mangos almacenados a 12°C, el pH aumentó al final de los 3 tiempos de almacenamiento. Sin embargo, el valor alcanzado entre el día 20 y el día 30 de almacenamiento, no presenta diferencias con el testigo (Tabla 3), lo cual sugiere que esta temperatura es buena para la conservación de la variedad.

Acidez Titulable

La acidez titulable disminuyó en los mangos de todos los tratamientos (tabla 3). El valor alcanzado por los frutos testigos en 15 días de conservación no presenta diferencias con el valor de los mangos almacenados a 12°C en el día 30.

Los mangos almacenados a 7°C, presentaron los valores más altos de acidez titulable al final de los 3 tiempos de almacenamiento, lo cual puede deberse a que la

degradación de los ácidos se vió interferida por la temperatura, impidiendo la maduración del fruto. Este comportamiento es una manifestación del daño por frío y los resultados elevados concuerdan con los reportados por Medlicott (1990) y Thomas (1983), para similares temperaturas en otras variedades de mango. Wang (1994), afirma que en algunos frutos tropicales una de las manifestaciones del daño por el frío es la acidificación de los tejidos.

Los frutos almacenados a 10°C aunque presentaron valores de acidez titulable inferiores a los alcanzados por los mangos almacenados a 7°C al final de todos los tiempos de almacenamiento, su comportamiento fue similar, ya que también los valores son altos. Estos valores son muy superiores a los presentados por los frutos almacenados a 12°C, presentándose diferencias en la acidez de los mangos entre las temperaturas de 10 y de 12°C.

Los mangos almacenados a 12°C, presentaron disminución gradual de la acidez titulable con el tiempo de almacenamiento. En el día 30 el valor alcanzado fue similar al testigo para el día 15. La pérdida de acidez en los frutos almacenados a esta temperatura, muestra que el mango puede madurar normalmente, pero en un tiempo mayor que los mangos almacenados a temperatura ambiente.

Relación de Madurez (R.M)

La relación de madurez es un parámetro indicativo de la maduración de los frutos, y está influenciada por el aumento de los sólidos solubles y la disminución del porcentaje de acidez. El sabor de los frutos depende en alto grado de ella.

La R.M aumentó en todas las temperaturas y tiempos de almacenamiento.

Los frutos almacenados a 7°C presentaron los valores más bajos de R. M al final de los 3 tiempos de almacenamiento. Ellos son una consecuencia del pequeño aumento en los sólidos solubles y la baja disminución del porcentaje de acidez; como resultado, los frutos presentaron sabor ácido.

En los mangos almacenados a 10°C, el aumento en la R. M, aunque mayor a la presentada por los mangos almacenados a 7°C, no presenta diferencias entre las dos temperaturas. Por el contrario, los valores de la R.M de los frutos almacenados a 10°C fueron muy inferiores a los alcanzados por los frutos almacenados a 12°C, presentándose diferencias entre las dos temperaturas.

Los frutos almacenados a 12°C presentaron los valores más altos de R. M al final de cada tiempo de almacenamiento, comparando las 3 temperaturas de refrigeración. Al final del experimento, día 30, el valor de la R. M fue mayor que la R. M presentada por el testigo para el día 15. Esto es consecuencia de una disminución mayor en la acidez titulable presentada por los frutos almacenados a 12°C.

AZUCARES

Sacarosa

La Sacarosa fue el azúcar predominante en los mangos en todas las temperaturas y tiempos de almacenamiento (Tabla 4). Este resultado concuerda con lo reportado para otras variedades por Castrillo (1992), Pantástico (1984) y Medlicot (1985).

El porcentaje de Sacarosa de los mangos almacenados a 7°C aumentó significativamente entre el día 10 y el día 20; sin embargo, entre el día 20 y el día 30 no hubo variación en el contenido de Sacarosa (Figura 1), lo cual pudo ser debido a que la actividad de las amilasas fue afectada por esta temperatura a partir del día 20. Jagtiani (1988), afirma que el aumento en el contenido de

sacarosa en frutos de mango es debido principalmente al rompimiento del almidón, encontrándose para frutos totalmente maduros ausencia total de este compuesto.

La sacarosa aumentó más rápidamente en los mangos almacenados a 10°C, que en los mangos almacenados a 7°C entre los días 10 y 20 (Tabla 4, Figura 2). Sin embargo, no hubo diferencias entre los días 20 y 30, lo cual sugiere que para este intervalo de tiempo la actividad enzimática se vió afectada por la temperatura.

Los mangos almacenados a 12°C alcanzaron los mayores valores de sacarosa al final de cada tiempo de almacenamiento refrigerado, presentando diferencias significativas con los valores de sacarosa de los frutos almacenados a 10 y a 7°C.

Tabla 4: Valores Promedio de azúcares (Sacarosa, Glucosa y Fructosa) en %, del mango variedad Van Dyke al final del almacenamiento.

TRAT.	TEMP. °C	TIEMPO CONSERVACION (DIAS)	SACAROSA % g/100 g	GLUCOSA % g/100 g	FRUCTOSA % g/100 g
1	7	10	4.09 ^a	0.53 ^a	2.13 ^a
2	7	20	4.84 ^b	0.66 ^a	2.11 ^a
3	7	30	5.04 ^b	0.48 ^a	1.145 ^b
4	10	10	4.47 ^a	1.09 ^a	2.43 ^a
5	10	20	6.26 ^b	1.10 ^a	3.34 ^b
6	10	30	6.53 ^b	1.30 ^b	2.70 ^b
7	12	10	6.06 ^a	2.20 ^a	5.45 ^a
8	12	20	8.68 ^b	4.07 ^b	6.62 ^b
9	12	30	8.74 ^b	4.16 ^b	6.70 ^b
Testigo	18	15	8.87 ^b	4.26 ^b	7.15 ^b

Medidas en cada grupo de temperaturas con la misma letra, significa que no son diferentes, según la prueba de Sheffe al 5% de probabilidad.

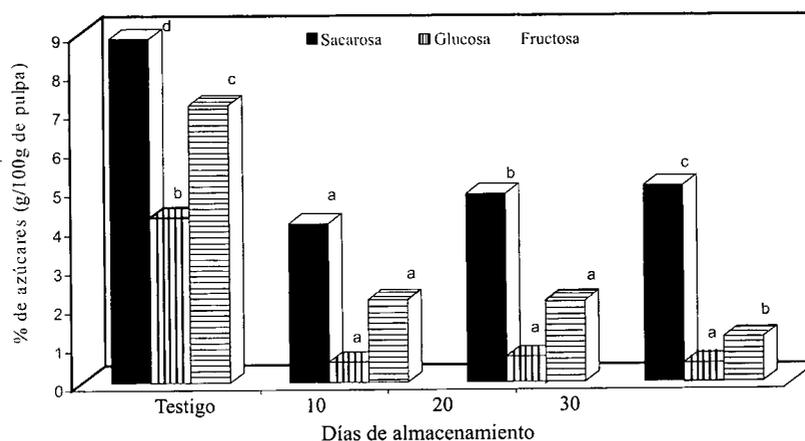


FIG 1: Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de azúcares de mango variedad Van Dyke almacenado a 7°C. Sheffe (0.05)

El valor en el contenido de sacarosa de los mangos almacenados a 12°C en el día 30, aunque menor que el valor alcanzado por los frutos testigos, en el día 15, no presenta diferencias, lo cual indica que la temperatura de 12°C permitió la síntesis de este azúcar, aunque en un tiempo mayor que el testigo. Esto es benéfico, ya que permite prolongar la vida útil del fruto.

Glucosa

En todos los tratamientos la glucosa fue el azúcar que presentó la menor concentración (Tabla 4). El empleo de este azúcar en la respiración puede explicar los bajos contenidos presentados por los frutos (Arjona et al., 1992).

En los mangos almacenados a 7°C, la variación de la glucosa fue mínima (Fig 1). Esta presentó un pequeño aumento en su valor a los 20 días, pero para el día 30 el valor disminuyó. Este comportamiento puede ser explicado por el efecto de las bajas temperaturas, las cuales disminuyeron la actividad de las amilasas que degradan el almidón, y la enzima sacarosa invertasa que desdobra la sacarosa (Yamaki, 1995).

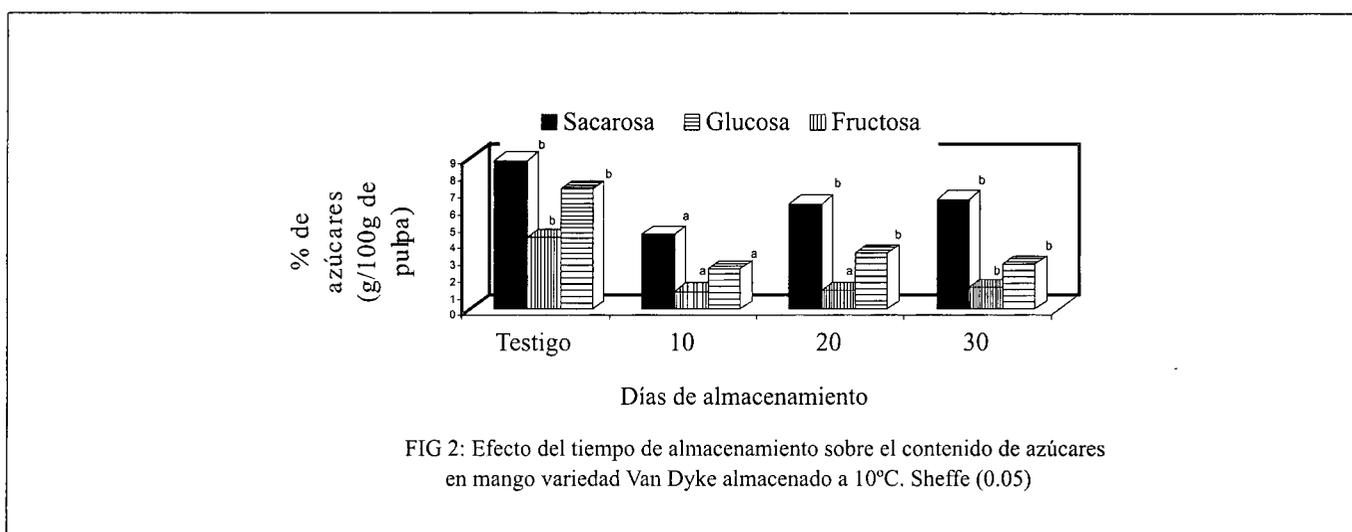
El contenido de glucosa de las frutas almacenadas a 10°C (Fig 2) disminuyó durante los primeros 10 días de almacenamiento. A partir del día 10 no presentó varia-

ciones hasta el día 30. Los valores alcanzados en el contenido de glucosa por los mangos almacenados a 10°C, estuvieron por debajo de los contenidos de glucosa en frutos almacenados a temperatura de 12°C, para los 3 períodos de almacenamiento y el testigo. Como en el caso de los mangos almacenados a 7°C, este comportamiento puede ser debido al efecto de la temperatura de 10°C sobre la actividad enzimática.

Los frutos almacenados a 12°C (Fig 3) mostraron un aumento continuo en la cantidad de glucosa en los 3 tiempos de almacenamiento, lo cual indica que hubo degradación del almidón y de la sacarosa. El mayor aumento de glucosa se observó entre el día 10 y el día 20. Los mangos almacenados por 30 días mostraron el mayor contenido de glucosa entre los diferentes tratamientos de almacenamiento en refrigeración. Sin embargo, el valor del contenido de glucosa para este día resultó inferior al contenido presentado por el testigo para el día 15, pero la diferencia no fue significativa.

Fructosa

La fructosa fue el azúcar reductor predominante en los frutos de mango en todos los tratamientos (Tabla 4). Medicott (1985) reportó resultados similares en cuanto al predominio de este azúcar reductor en mangos de la variedad Keitt.



En los mangos almacenados a 7°C, la cantidad de fructosa disminuyó durante todos los 3 tiempos de almacenamiento (Tabla 4 y Fig 1).

Este comportamiento puede ser debido a la disminución en la degradación del almidón y de la sacarosa por efecto de la temperatura y al uso de la fructosa en la respiración (Salisbury, 1992; Wills, 1998; Mendoza, 1984; Lizada, 1993).

En los frutos almacenados a 10°C, la cantidad de fructosa aumentó hasta el día 20 (Fig 2). Pero disminuyó significativamente al final del almacenamiento, día 30. Los

valores alcanzados por los frutos, aunque son mayores que los alcanzados por los mangos almacenados a 7°C,

fueron muy inferiores a los valores presentados por los mangos almacenados a 12°C y el testigo.

Los valores bajos en el contenido de fructosa mostrados por los mangos a la temperatura de 10°C, en los diferentes períodos de almacenamiento, pueden ser atribuidos al efecto de esta temperatura sobre la actividad enzimática, aunque su efecto fue menos drástico que el producido por la temperatura de 7°C. La cantidad

de fructosa aumentó en todos los tiempos de almacenamiento en los mangos almacenados a 12°C. En el día 30 aunque la concentración es mayor que la del día 20, no existen diferencias entre los 2 valores. Sin embargo, el valor alcanzado en el contenido de fructosa es menor que el presentado por el testigo para el día 15, pero no existen diferencias entre los 2 valores de fructosa. El comportamiento de los mangos almacenados a 12°C respecto de la fructosa indica que esta temperatura permitió el desarrollo de la maduración de los frutos pero en un tiempo mayor, prolongando su vida útil.

Cambios en Ácidos Orgánicos

Los principales ácidos orgánicos presentes en el mango son el ácido cítrico, el ácido málico y el ácido succínico (Medlicott et al., 1985; Servaraj, 1989; Vázquez et al., 1985). El ácido cítrico y el ácido succínico disminuyen durante la maduración, mientras que el ácido málico presenta diferentes comportamientos en diferentes variedades (Medlicott et al., 1985; Lizada, 1993).

Acido Cítrico

En todos los tratamientos, incluido el testigo, el ácido predominante fue el cítrico (Fig 4, 5 y 6).

Los mangos almacenados a temperatura ambiente por

15 días mostraron los menores contenidos de ácido cítrico. Esto concuerda con lo reportado por Servaraj et al, (1989), quienes trabajaron con mangos de la variedad Alphonso. Y por Vázquez et al. (1985), en mangos de la variedad Kent.

La concentración de ácido cítrico en mangos almacenados a 7°C fue alta y aunque ésta disminuyó no presentó diferencias en los 3 períodos de almacenamiento (Fig 4). Estos resultados pueden ser un efecto de las bajas temperaturas sobre la actividad de la Citrato deshidrogenasa, la cual degrada el ácido cítrico y libera 2 hidrógenos en el ciclo de Krebs (Ulrich, 1970; Baqui, 1974; Salunkhe, 1984; Lizada, 1993; Dekker, 1995). La fruta durante todos los tiempos de almacenamiento a 7°C, presentó diferencias significativas en el contenido de ácido cítrico, con los mangos almacenados a 12°C y el testigo.

En los mangos almacenados a 10°C, el nivel del ácido cítrico se mantuvo alto durante los primeros 10 días (Fig 5); para el día 20, el nivel de ácido cítrico disminuyó de manera significativa con relación al día 10. En el tiempo transcurrido entre el día 20 y el 30, los frutos no presentaron diferencias en el contenido de ácido cítrico, lo cual sugiere que la actividad de la citrato deshidrogenasa fue afectada por acción de la temperatura. Puede concluirse que almacenamientos mayores a 20 días a 10°C, afecta la maduración del mango Variedad Van Dyke.

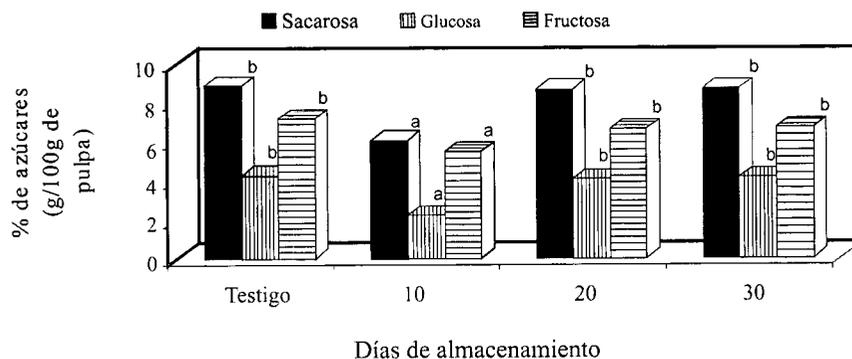


FIG 3: Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de azúcares en mango variedad Van Dyke almacenado a 12°C. Sheffé (0.05)

Los mangos almacenados a 12°C presentaron disminución en los niveles de ácido cítrico desde el día 10 de almacenamiento (fig 6). Hubo diferencias significativas en los tres tiempos de conservación. En el día 30, final del experimento, el ácido cítrico alcanzó un valor similar al testigo en el día 15. La tendencia a disminuir de estos

resultados, concuerda con la observada por Vázquez et al (1985), en mangos de la variedad Kent. Los resultados obtenidos permiten concluir que en la temperatura de 12°C, se presenta el normal desarrollo de la maduración en el mango variedad Van Dyke, permitiendo almacenar los frutos en esta temperatura hasta por 30 días.

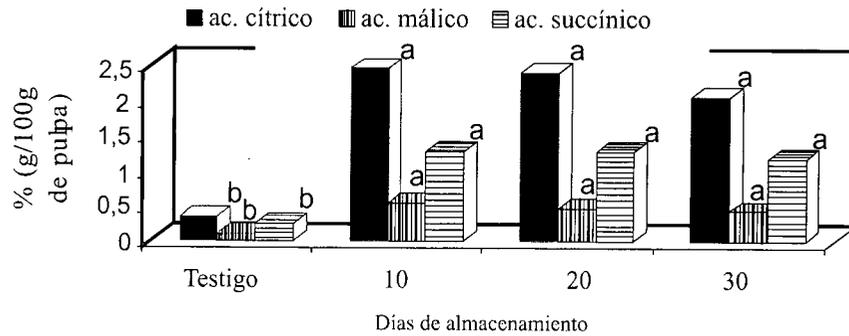


FIG 4: Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de ácidos en mango variedad Van Dyke almacenado a 7°C. Sheffe (0.05)

Ácido Málico

El ácido málico presentó los niveles más bajos de todos los 3 ácidos analizados. El comportamiento del mango respecto del contenido de ácido málico es muy variado. En algunas variedades como la Haden aumenta durante la maduración (Dubery et al., 1984). En otras, como la variedad Alphonso disminuye (Parikh et al., 1990). El contenido de ácido málico no presentó diferencias en los mangos almacenados a 7°C, durante los 3 períodos de almacenamiento (Fig 4), presentando los niveles más altos de las tres temperaturas.

Los mangos almacenados a 10°C tuvieron un nivel similar de ácido málico al presentado por los frutos colocados a temperatura de 7°C, en el día 10 de almacenamiento, pero superior al contenido de ácido

málico mostrado por los frutos almacenados a 12°C y el testigo. El contenido de ácido málico en los frutos almacenados a 10°C presentó disminución en el día 20 pero no presentó diferencias con el contenido en el día 30 de almacenamiento (Fig 5)

Los mangos almacenados a 12°C presentaron disminución permanente en el contenido de ácido málico durante todos los períodos de almacenamiento (Fig 6). El valor alcanzado por los frutos al final del almacenamiento, fue similar al presentado por el testigo.

La disminución en el contenido de ácido málico se debe a la actividad de la malato deshidrogenasa, la cual metaboliza este ácido en el ciclo de Krebs (Braverman, 1980; Raven et al., 1999).

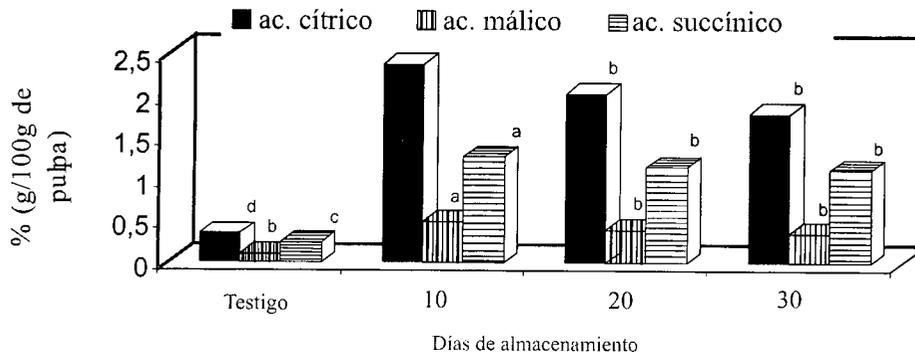


FIG 5: Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de ácidos en mango variedad Van Dyke almacenado a 10°C. Sheffe (0.05)

La actividad de la malato deshidrogenasa, se aumenta durante la maduración de mangos de las variedades Haden, Dadomia y Pairi (Dubery, 1984; Baqui, 1977; Krishnamurthy, 1971), lo cual ocasiona que el contenido de ácido málico disminuya en los frutos.

Acido Succínico

El contenido de ácido succínico en los mangos, resultó ser menor al contenido de ácido cítrico, pero mayor al de ácido málico en todos los tratamientos.

Al igual que el ácido cítrico, el ácido succínico, tiende a disminuir durante la maduración (Medlicott, 1985; Lizada, 1993). Este descenso es causado por la succinato deshidrogenasa, la cual actúa en el ciclo de Krebs. (Braverman, 1980; Raven et al., 1999).

Los mangos almacenados a 7 y 10°C (Figuras 4 y 5), mostraron valores similares en los 3 períodos de almacenamiento, y fueron muy superiores a los niveles alcanzados por los frutos colocados a 12°C y el testigo, presentándose diferencias significativas. Los niveles elevados de ácido succínico encontrados en los frutos almacenados a 7 y 10°C sugieren que la actividad de la Succinato deshidrogenasa fue afectada en estas 2 temperaturas.

En los frutos almacenados a 12°C, el contenido de ácido Succínico no presentó diferencias entre los días 10

y 20 de almacenamiento, pero para el día 30, el contenido de ácido succínico disminuyó drásticamente mostrando un valor similar al testigo para el día 15. El comportamiento del fruto respecto al contenido de ácido succínico, sugiere que a 12°C, no se afecta la actividad de la enzima Succinato deshidrogenasa, permitiendo un aumento de la vida útil del mango variedad Van Dyke.

Ácido Ascórbico

El mango es una fuente importante de Vitamina C (Cartagena et al., 1992). El ácido ascórbico tiende a oxidarse más rápidamente con el aumento de la temperatura y el tiempo de almacenamiento (Barth et al., 1990).

Los mangos almacenados a 7°C no presentaron variación en el contenido de ácido ascórbico durante los 3 tiempos de almacenamiento (Fig 7). Este comportamiento pudo haber sido debido a la acción de la temperatura sobre la ascorbato deshidrogenasa, lo cual de acuerdo con el comportamiento presentado por el fruto, afectó desde el inicio la actividad de la enzima.

El contenido de ácido ascórbico disminuyó entre los días 10 y 20 en mangos almacenados a 10°C. Sin embargo, entre el día 20 y el día 30 no hubo variación significativa, posiblemente por la acción de la temperatura sobre la enzima ascorbato deshidrogenasa.

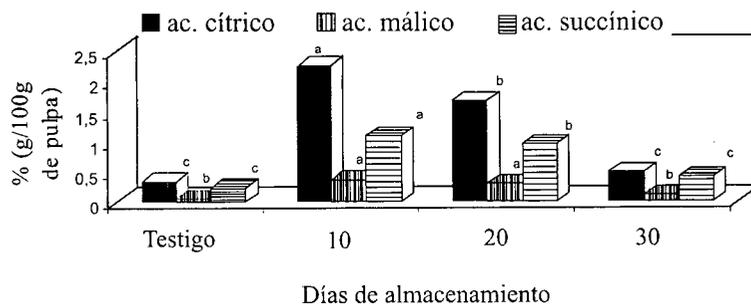
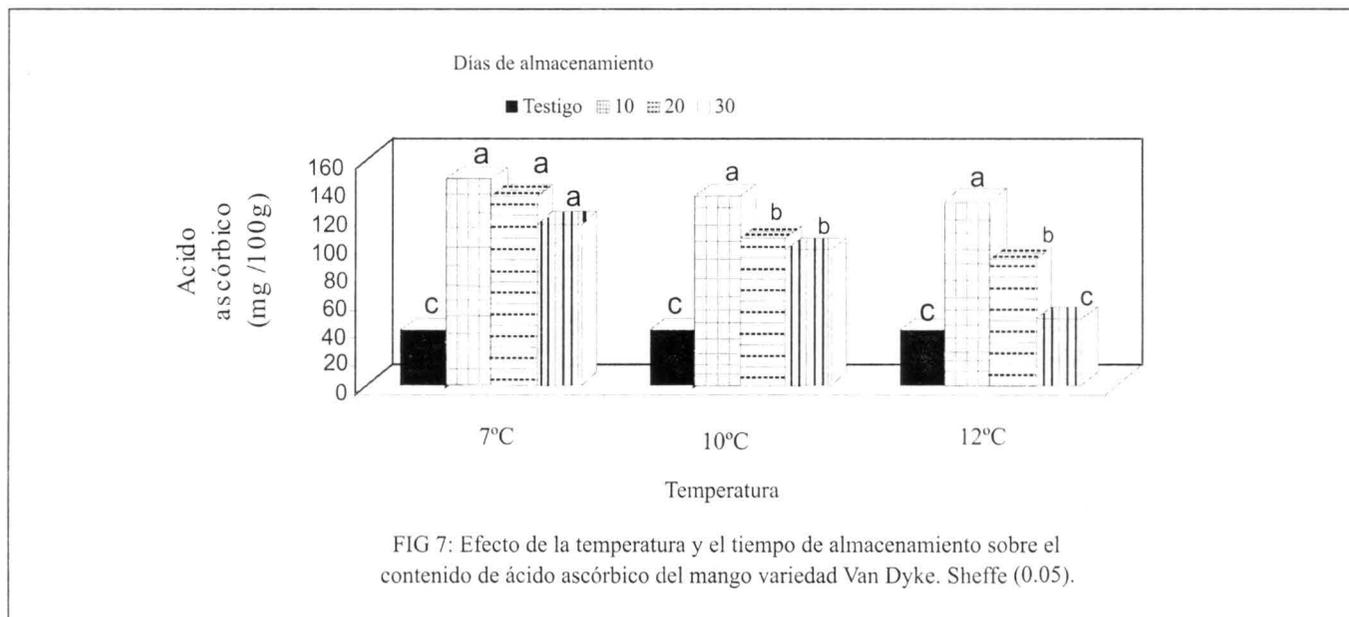


FIG 6: Efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de ácidos en mango variedad Van Dyke almacenado a 12°C. Sheffé (0.05)

Los mangos almacenados a 12°C, fueron los que presentaron mayor pérdida de ácido ascórbico dentro de las temperaturas de refrigeración a lo largo del almacenamiento. Entre el día 10 y el día 20 las pérdidas fueron del 31% y entre el día 20 y 30 las pérdidas fueron del 48%.

El comportamiento del fruto respecto al contenido

de ácido ascórbico era de esperarse ya que la temperatura, y el tiempo de almacenamiento, afectan los niveles del ácido (Lizada et al., 1993). Al final del almacenamiento, día 30, el valor de ácido ascórbico presentado por los frutos, aunque fue mayor al de los mangos testigo, no presentó diferencias.



CONCLUSIONES

El mango variedad Van Dyke es sensible al almacenamiento a temperaturas de 10 y 7°C. esta sensibilidad se caracterizó por la interrupción del proceso de maduración, manifestado por la no disminución de la firmeza tanto del fruto entero como de la pulpa; la interrupción de la síntesis de los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) y la elevada concentración de los ácidos orgánicos: cítrico, málico, succínico y ascórbico. Además, los cambios en el color de la corteza fueron bloqueados.

La intensidad de los daños por frío presentada por los frutos fue más drástica en la temperatura de 7°C, en la cual el bloqueo a la maduración se presentó desde el día 10 de almacenamiento.

En los mangos almacenados a 10°C, se presentó evolución de los cambios que caracterizan la maduración de los frutos hasta el día 20, pero entre el día 20 y el día 30 los cambios fueron interrumpidos, lo que indica que los daños por frío se hicieron irreversibles a partir del día 20 de almacenamiento.

En la temperatura de 12°C, el fruto maduró hasta alcanzar el grado de madurez de consumo en un tiempo de 30 días, presentando al final del almacenamiento características físico químicas similares a las de los mangos almacenados a 18°C, en los cuales la madurez de consumo se alcanzó en 15 días de almacenamiento. Esto permite prolongar la vida útil del mango el doble de tiempo respecto al almacenamiento a 18°C.

Las pérdidas de peso del fruto se incrementaron con la temperatura y el tiempo de almacenamiento

LITERATURA CITADA

- ABU-SARRA A.F. & ABU-GOUHK, A.A. 1992. Changes in pectinesterase polygalacturonase and cellulase activity during mango fruit ripening. *Journal of Horticultural Science* 67: 561-568.
- ARJONA, H.; MATTA, F.B. & GARNER, J.O. JR. 1992. Temperature and storage - time affect quality of Yellow Passion fruit. *HortScience* 27 (7): 809-810.
- BAQUI, S.M.; MATTOO, A.K. & MODI, V. V. 1977. Glyoxylate metabolism and - fatty acid oxidation in mango fruit during development and ripening. *Phytochemistry* 13: 2049-2055.
- BARTH, M. M.; KERBEL, E. L.; PERRY, A. K. & SCHMIDT, S. J. 1993. Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme activity and market quality of broccoli. *Journal Food Science* 58: 140 - 143.
- BRAVERMAN, J. B. S. 1980. Introducción a la Bioquímica de los alimentos. Editorial El Manual Moderno S.A. México. p. 292-314
- CARTAGENA, J. R. & VEGA B., D. 1992. Fruticultura Colombiana: El mango. Manual de Asistencia Técnica No. 53. Editorial Produmedios.
- CASTRILLO, M.; KRUGER, N.J. & WHATLEY, F. R. 1992. Sucrose metabolism in mango fruit during ripening. *Plant Science* 84: 45-51.
- CHAPLIN, G. R. 1987. The use of low temperature for the manipulation of ripening in mango fruit. In: Prisle, R. and G. Tucker. *Mangoes a review*. Commonwealth Science Council U.K.

- COHEM, E.; SHAPIRO, B.; SHALON, Y. & KELIN, J. D. 1994. Water loss: A non-destructive indicator of enhanced cell membrane permeability of Chilling injured estrucs fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119 (5): 983 - 986.
- DEKKER, M., 1995. *Handbook of Fruit Science and Technology "Production, composition, storage and processing"*. Central Institute of Horticulture for Northern plains, rehmankhara, Lucknow Uttar, Pradesh India. D.K. Salunkhe, and S.S. Kadem (Eds.). U.S.A.
- DUBERY, I. A.; VAN RENSBURG, L.V. & SCHABART, J. C. 1984. Malic enzyme activity and related biochemical aspects during ripening of irradiated mango fruit. *Phytochemistry* 23: 1383-1386.
- FAROOQUI, W. A.; DAUD, K.; HUSSAIM, M. & SATTAR, A. 1985. Studies on the postharvest chilling sensitivity of mango fruit (*Mangifera indica* L.). *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 98: 220-221.
- JAGTIANI, J. CH. & SAKAI, W. 1988. *Mango in Tropical Fruit Processing* Academic Press Harcourt, Brau Jovanovich (Ed.). USA. p. 45-104.
- KNEE, M. & BARTLEY, I.M. 1981. Composition and metabolism of cell wall polysaccharides in ripening fruits. In : recent Advances in Biochemistry of fruits and vegetables. Academic Press, New York. P. 133-148.
- KRISHNAMUSTHY, S.; PATWARDHAN, M. V. & SUBRAMANYAM, H. 1971. Biochemical changes during ripening of the mango fruit. *Phytochemistry* 10: 2577-2581.
- LIZADA, C. C. 1993. Mango. In; *Biochemistry of fruit ripening*. Seymour, G. B., J. Taylor and G.A. Tucker Chapman and Hall. London U.K. p. 255-266.
- MATTA, I. & MOSQUERA, R. 1995. Cosecha y postcosecha del mango. En: *La producción del mango en México*. Editorial Noriega. p. 135-147.
- MEDLICOTT, A. P.; SIGRIST, J.M. & SY, O. 1990. Ripening of mangos following low - temperature storage. *Journal of the American Society of Agricultural Engineers* 88: 8-15
- MEDLICOTT, A. P. & THOMPSON, A.K. 1985. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L.) c.v. Keitt by high performance liquid chromatography. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 36: 561-566.
- MENDOZA, D.B. 1984. *Mango fruit development, postharvest physiology and marketing in Asea*. D. B. Mendoza Jr. and R.B.H. Wills. (Eds.). p. 43-49.
- MITCHAM, E.J. & MACDONALD, R.E. 1992. Cell wall modification during ripening of keitt and Tommy Atkins mango fruit. *Journal oh the American Society for Horticultural Science* 117: 1919-1924.
- PANTÁSTICO, E. B. 1984. *Postharverst Physiology, Handling and Utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables*. Compañía Editorial Continental, S.A. México. p. 131-156.
- PARIKH, H. R.; NAIR, G. M. & MADI, V. V. 1990. Some structural changes During ripening of mangoes (*Mangifera indica* L.) c.v. Alphonso by Abscisic acid treatment. *Annals of Botany* 65: 121-127.
- PAULL, R. 1991. *Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin in: Chilling injury of horticultural Crops*. CRS Press. Miami E.U.A.
- RAVEN, P. H.; REY, F. E. & EICHHORN, S. E. 1999. *Respiration In Biology of plants*. W. H. Freeman and Company Worth Publishers. Sixth edition. p. 109-124.
- SALISBURY, F. B. & CEÓN, W. R. 1992. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Ibero Americana, México D.F. p. 293-313.
- SALUNKHE, D. K. & DESAI, B. B. 1984. *Postharvest Biotechmology of fruits*. Volume I. CRC Press (Eds.). Inc. Boca ratón, Florida USA. p.77-94.
- SENESSI, E., A. GALVIS AND FUMAGALLI, G. 1999. Quality indexes and internal atmosphere of packaged fresh - cut pears (Abato, Fetel and Kaiser varieties. *Italian Journal Food Science* 2 : 111-120
- SERVARAJ, Y.; KUMAR, R. & PAL, D.K. 1989. Changes in sugar, organic acids, amino acids, lipid constituents and aroma characteristics of ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Journal of Food Science and Technology* 26: 309-313.

- STEEL, R.G D. & TORRIE, J.H. 1998. Principals and procedures of Statistics. A biometrical Approach. 2nd ed. McGrau-Hill Book company, inc New York.
- THOMAS, P. & OKE, M. 1983. Improvent in quality and storage of mangoes by cold adaptation *Scien- cia Horticulturae* 19 : 257-262.
- ULRICH, R. 1970. Organic acids. In the Biochemistry of fruits and their products. A. Hulme (Ed.). Vol. 1, Academic Press. p. 89-118.
- VÁZQUEZ, C. & LAKSHMINARAYANA, S. 1985. Compositional changes in mango fruit during ripening at different storage temperatures. *Journal of Food Science* 50: 1646-1648.
- WANG, C. Y. 1994. Chilling injury of tropical horti- cultural Commodities. *Horticultural Science* 29: 986 - 996.
- WANG, C. Y. 1982. Physiological and biochemical res- pones of plant to chilling Stress. *Journal HortS- cience* 17: 173-186.
- WILLS R. B.; LEE, T.H. & GRAHAM, D. 1998. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. p.18-41.
- YAMAKI, S. 1995. Physiology and metabolism of fruit development. *Acta Horticulturae* 398: 109 - 120.