



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

20
2 EJ

FACULTAD DE QUIMICA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
EN QUIMICA DE ALIMENTOS

" EFECTO DE LA REFRIGERACION Y ATMOSFERAS
CONTROLADAS EN LA CONSERVACION EN FRESCO
DE MANGO ' KENT ' ."

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A

MARIO TRINIDAD VELASCO



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente: Prof. Josefina Viades Trejo.
Vocal: Prof. Elsa Bósquez Molina.
Secretario: Prof. Francisca Aida Iturbe Chiñas.
1er. Suplente: Prof. María de los Ángeles Valdivia López.
2do. Suplente: Prof. Hugo Sousa Rojano.

Sitio donde se desarrollo el tema:

Departamento de Biotecnología de la División de Ciencias Biológicas de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa.

Asesor del tema:



M. en C. Elsa Bósquez Molina.

Sustentante:



Mario Trinidad Velasco.

Agradecimientos:

A mis padres: Lorenzo y Gloria, con todo mi cariño, amor y admiración, gracias por su paciencia y enorme esfuerzo.

A Rufino por su gran ayuda y ejemplo de lucha y constancia.

A Petra por su apoyo tan desinteresado.

A Leonor y Ricardo, por crear un retoño llamado Denisse, el cual me motiva a seguir progresando cada día con un esfuerzo mayor.

A la abuela por esas ganas de vivir tan contagiosa.

A mis "amigos": por darme su apoyo y comprensión en todo momento.

Con admiración y agradecimiento a:

M. en C. Elsa Bosquez Molina por guiarme y aconsejarme en la elaboración del presente trabajo.

Mi total agradecimiento al personal de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la U.A.M. de Iztapalapa por la facilidades permitidas para la elaboración y desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL.

Índice general.	i
Índice de cuadros.	iii
Índice de figuras.	iv
Resumen general.	v
1. INTRODUCCIÓN.	1-4
1.1- ANTECEDENTES.	
1.1.1- ANTECEDENTES ECONÓMICOS.	
Importancia del mango en México.	5
Comercialización nacional.	7
Comercialización internacional.	8
Problemática.	9
1.1.2- CARACTERÍSTICAS DEL MANGO.	
Origen y distribución.	11
Clasificación y estructura.	12
Variedades.	12
Composición química y valor nutritivo.	13
1.1.3- ANTECEDENTES CIENTÍFICO-TÉCNICOS.	
Crecimiento, desarrollo y maduración.	17
Índice de cosecha.	18
Cambios fisiológicos, físicos y químicos postcosecha de mango:	
Actividad respiratoria	19
Etileno.	23
Pérdida fisiológica de peso.	24
Cambios físicos y químicos durante la maduración.	25
1.1.4 TÉCNICAS DISPONIBLES PARA LA CONSERVACIÓN EN FRESCO DE FRUTAS Y HORTALIZAS.	
Refrigeración.	27
Condiciones de refrigeración recomendables para mango.	30
Atmósferas controladas y atmósferas modificadas.	31
Efecto en la fisiología de frutas y hortalizas:	
Actividad respiratoria	33
Efecto en la biosíntesis y actividad del etileno.	37
Efecto en la calidad de frutas y hortalizas.	39
Condiciones recomendables de atmósferas controladas para mango.	40

1.2- JUSTIFICACIÓN.	42
2.0- OBJETIVOS.	43
3.0- METODOLOGÍA	
3.1 Materiales y métodos.	44
3.2 Desarrollo experimental.	48
3.3 Variables de respuesta fisiológicas, físicas y químicas.	49
3.4 Evaluación sensorial.	60
3.5 Análisis estadístico.	67
4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	
4.1 Cambios determinados durante la maduración de mango 'Kent' a $T=25 \pm 1$ °C y 80-90% HR.	68
4.2 Refrigeración y Atmosferas Controladas(A.C).	70
4.3 Comportamiento en la maduración postalmacenamiento.	80
5.0 CONCLUSIONES.	93
5.1 RECOMENDACIONES	95
6.0 BIBLIOGRAFÍA.	96

Índice de tablas.

Tabla 1. Estadística de la exportación de mango Mexicano.	6
Tabla 2. Valor nutritivo de mango fresco.	14-15
Tabla 3. Composición química aproximada de mango c.v. 'Kent' en estado de madurez comestible.	16
Tabla 4. Relación entre la actividad respiratoria y la vida útil de algunas frutas y hortalizas.	20
Tabla 5. Recomendaciones para el uso de A.C. y A.M. en frutas.	36
Tabla 6. Recomendaciones para el uso de A.C. y A.M.	36
Tabla 7. Periodos y unidades de muestreo para cada tratamiento.	48
Tabla 8. Parámetros de calidad de mango 'Kent' en madurez fisiológica y comestible.	69
Tabla 9. Calidad de mango 'Kent' durante el almacenamiento.	72
Tabla 10. Características de color Hunter-Lab y porcentaje del color en la cáscara de mango 'Kent' en almacenamiento.	78
Tabla 11. Máximo climaterio durante los diferentes periodos de maduración postalmacenamiento a temperatura ambiente ($25 \pm 1^\circ\text{C}$).	80
Tabla 12. Parámetros de calidad de mango 'Kent' en estado de madurez comestible postalmacenamiento.	84
Tabla 13. Características de color Hunter-Lab y porcentaje del color de cáscara de mango 'Kent' en estado de madurez comestible.	87
Tabla 14. Extracciones para evaluación sensorial.	89
Tabla 15. Evaluación sensorial de mango 'Kent' en madurez comestible.	92

Índice de figuras.

Figura 1. Principales productores de mango en el mundo.	5
Figura 2. Producción y exportación de mango en México.	7
Figura 3. Cambios sufridos durante el desarrollo de una fruta climatérica.	17
Figura 4. Patrón respiratorio de frutos climatéricos.	21
Figura 5. Patrón respiratorio de frutos no climatéricos.	21
Figura 6. Efecto de la concentración de oxígeno en la captación del mismo y la evolución de la concentración de CO ₂ por el fruto.	34
Figura 7. Regulación de síntesis de etileno.	38
Figura 8. Pretratamiento de mango 'Kent'.	45
Figura 9. Sísterna generador de atmósferas controladas.	47
Figura 10. Almacenamiento y postalmacenamiento de mango 'Kent'.	49
Figura 11. Respirómetro	51
Figura 12. Recipiente acondicionado para la prueba de etileno.	53
Figura 13. Penetrómetro para frutos modelo. FT 327 (3-27 Lbs.).	54
Figura 14. Determinación de la firmeza del mango.	55
Figura 15. Curvas espectrofotométricas de varios colores.	56
Figura 16. Esquema de la dimensiones de color y medición de la diferencia de color Hunter-Lab.	57
Figura 17. Sistema de coordenadas tridimensionales del color.	58
Figura 18. Relación del máximo climatérico y la elevación de la producción de etileno en mango 'Kent' a temperatura ambiente (T=25 ± 1 °C y 80 % H.R.).	68
Figura 19. Evolución de la firmeza de mango 'Kent' en diferentes condiciones de almacenamiento.	73
Figura 20. Pérdida fisiológica de peso de mango 'Kent' almacenado bajo diferentes condiciones de almacenamiento.	73
Figura 21. Representación de matiz y pureza del color de la pulpa en el día 10 de almacenamiento.	75
Figura 22. Representación de matiz y pureza del color de la pulpa en el día 25 de almacenamiento.	76
Figura 23. Relación de actividad respiratoria a temperatura ambiente (T=25 ± 1 °C y 80 % H.R.) y en maduración postalmacenamiento (primera extracción, 14 días postcosecha).	81
Figura 24. Relación de actividad respiratoria a temperatura ambiente (T=25 ± 1 °C y 80 % H.R.) y en maduración postalmacenamiento (segunda extracción, 19 días postcosecha)	81
Figura 25. Relación de actividad respiratoria a temperatura ambiente (T=25 ± 1 °C y 80 % H.R.) y en maduración postalmacenamiento (tercera extracción, 25 días postcosecha).	82

RESUMEN.

El mango (*Mangifera indica L.*) está considerada como una de las frutas más finas y por ende altamente cotizada en el mercado internacional

México ocupa el segundo lugar de los países productores de esta fruta en el mundo y su cultivo a nivel Nacional, constituye no solo una fuente de empleo, principalmente en la temporada de cosecha y empaque (de abril a septiembre), sino un importante ingreso de divisas dada la exportación de aproximadamente 120 mil toneladas anuales como fruta fresca.

La producción y potencial de comercialización de esta fruta justifican el desarrollo de investigaciones que contribuyan a precisar las condiciones óptimas o más recomendables para su almacenamiento y para conservar su calidad competitiva a nivel comercial

Hoy en día la utilización de atmósferas de composición diferente a la del aire está ampliamente difundida para la conservación de diferentes alimentos perecederos, en el caso particular de las frutas y hortalizas, las atmósferas controladas (A.C.) son mezclas diseñadas para complementar a la refrigeración y de esta manera aumentan el periodo de conservación de estos productos. Sin embargo no todos los productos responden favorablemente a las Atmósferas y en algunos, el efecto es pobre e incluso adverso. Entre los factores que determinan las diferentes respuestas se encuentran: la variedad, el estado de madurez, época de cosecha, área productora, etc

En el caso del mango almacenado en atmósferas modificadas y controladas son pocos los estudios que han mostrado tener un efecto satisfactorio para prolongar su vida útil.

En esta investigación se determinó el potencial de conservación de Mango 'Kent', en diferentes condiciones de refrigeración y A.C..

Aparentemente no hay un beneficio significativo con las atmósferas estudiadas respecto a la refrigeración a 13°C en atmósfera de aire. En cuanto a datos de calidad (color y firmeza) y fisiológicos (pérdida fisiológica de peso) se observó en atmósferas controladas un ligero incremento de la vida de almacenamiento, disminuyendo la evolución de las diferentes variables estudiadas con respecto a la refrigeración, sin embargo el análisis sensorial, mostró una tendencia de presencia de olores y sabores extraños en atmósfera controlada (13°C, 5% O₂ y 5% CO₂).

1. INTRODUCCIÓN.

Las frutas y hortalizas representan a uno de los cuatro grupos principales de alimentos y constituyen una parte indispensable de la dieta humana, ya que no sólo son la principal y única fuente de ácido ascórbico sino también de carotenos, tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico y otras vitaminas del grupo B, suministran además cantidades apreciables de calcio, hierro, y de muchos otros minerales esenciales. Son fuentes relativamente poco importantes de calorías y de proteínas, aunque proporcionan cantidades valiosas de carbohidratos no digeribles (fibra) que ayudan a mantener la función de los intestinos. Hay razones para creer que podría mejorarse la calidad nutritiva de las dietas de diversas partes del mundo si se incrementase el consumo de frutas y hortalizas (Joseph, 1989; Morales, 1976; Duckworth, 1968).

El consumo de frutas y hortalizas ha experimentado un importante incremento, su agradable sabor, propiedades curativas, valor nutritivo y valor comercial han motivado el interés por su producción, diversificar su transformación y sobre todo prolongar su conservación en estado fresco (Wills, 1984), actualmente se hace hincapié en la sanidad de los alimentos y se da más importancia a los alimentos frescos, lo que ha contribuido al aumento de la demanda de frutas y hortalizas tropicales (Durán, 1983).

Desde el momento en que las frutas se cosechan, comienzan a pasar por una serie de etapas que las conducen a alcanzar su madurez comestible y posteriormente la senescencia, ya que son órganos vivos cuyo metabolismo prosigue aún después de recolectado, la única diferencia estriba en que, separados de la planta, estos vegetales viven a expensas de sus reservas. Estas reservas tienen un límite, y el propósito de conservar es retardar el metabolismo de estos productos para que este límite se alcance lo más tarde posible, en otras palabras, la finalidad básica de la conservación es la de prolongar la vida del fruto (Durán 1983; Potter, 1978.)

La conservación de frutas y hortalizas en estado fresco, aumenta su disponibilidad, permitiendo su comercialización en mercados lejanos a los centros de producción, alienta las prácticas intensivas en su producción y al mismo tiempo reduce las pérdidas debidas al deterioro y reducción de la calidad postcosecha. Lo cual conduce finalmente a regular su oferta y su demanda. Los actuales métodos de conservación en fresco influyen adecuadamente sobre los procesos fisiológicos, físicos, químicos e inclusive sensoriales que se llevan a cabo en las frutas y hortalizas como órganos vivos (Gruda, 1986; Ocaranza, 1985).

En este contexto, el mango está considerado como una de las mejores y más finas frutas en el mercado mundial debido a su sabor excelente, aroma agradable, color atractivo, sabor delicioso y su valor nutricional. Es el más popular y el más elegido de los frutos tropicales y por consiguiente con un elevado potencial de comercialización, por lo que es muy importante conservarlo en estado fresco (Nagy, 1980).

En las zonas de producción mundial existen más de mil variedades de mango, a pesar de esto, solo unas pocas llenan los requerimientos básicos para ser exportados exitosamente tales como apariencia (forma, color, tamaño), sabor, proporción de parte comestible, contenido de fibra, resistencia al ataque de hongos y facilidad de transporte (Nagy, 1980; Subramanyam, 1975).

México es el segundo país productor de mango en el mundo (F.A.O., 1994). Por la ubicación geográfica y los suelos adecuados, el cultivo y desarrollo del mango es muy favorable; además el mango tiene una oferta estacional bien definida debido a que en cuatro meses del año se cosecha aproximadamente el 80% de la producción total. En 1982 se tuvo una producción anual alrededor de 663,000 toneladas y para 1993, de 1,130,000 ton., lo cual muestra que el índice de producción ha venido creciendo. A pesar de esto no se explota debidamente, ya que en la mayoría de las zonas productoras se carece de instalaciones adecuadas para el manejo postcosecha de la fruta. (S.A.R.H. 1993).

A nivel nacional se estima que las pérdidas de mango postcosecha van del 25 al 30%, debido a inadecuados manejos de comercialización, conservación y distribución del fruto en estado fresco. Lo anterior se transforma en un factor crítico para el progreso de los países en desarrollo, puesto que gran parte de su economía depende de la exportación de productos agropecuarios (Medina, 1987).

El cultivo de mango en México mantiene una importancia significativa en el contexto agrícola en general, dado que genera una gran fuente de empleo, principalmente de abril a septiembre, época de cosecha y empaque, asimismo, representa un importante ingreso de divisas por la comercialización hacia el exterior (Nagy, 1980; Vázquez, 1985).

El fruto de mango tiene una diversidad de usos, entre ellos destaca su consumo en fresco y dependiendo de la variedad de que se trate, se industrializa para la producción de jugos, néctares, almibar, mermeladas, etc. (Samson, 1991). En México el 60% de la producción se consume como fruta fresca, del 3 al 5% se procesa industrialmente por los métodos convencionales de conservación, y aproximadamente de un 3 a 10% se exporta como fruta fresca (Medina, 1987, Nagy, 1980).

Con fines de exportación destacan los estados de la costa del Pacífico como son: Sinaloa, Nayarit, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, donde se encuentran las variedades finas y de mayor calidad, siendo las variedades cultivadas de exportación Haden, Kent, Keitt y Tommy Atkins (Protrade, 1992; Lataban, 1991).

Las importaciones de mango por parte de los países de la Comunidad Europea, han aumentado fuertemente en los últimos años. Esto ha sucedido con los importadores tradicionales como Francia, Gran Bretaña, Holanda y especialmente en Alemania, en donde esta fruta a inicios de los años 80 se ofrecía en muy pequeñas cantidades. Actualmente, se encuentran dos importantes factores que limitan el consumo de mango en los mercados europeos: los precios y la estacionalidad de la oferta. Los mangos siguen transportándose en su mayor parte por vía aérea y resultan, por tanto, comparativamente caros (Protrade, 1992).

El continuo progreso en contenedores refrigerados de transportación marítima, podría conducir a reducir los precios gradualmente, debido a que el transporte marítimo de mango tiene la tercera parte de costo del aéreo. Esta alternativa al transporte aéreo buscada hace tanto tiempo, permite aumentar substancialmente los volúmenes de exportación y reducir los actuales costos de transporte. Por lo cual su utilización es cada vez mayor por exportadores de México, Venezuela, Costa Rica, Brasil, Israel y otros países (F.A.O., 1988).

Considerando lo anterior resulta imperativo, sobre todo ante la apertura comercial internacional, desarrollar tecnologías que conserven la calidad del mango de exportación, no solo para incrementar su comercialización hacia los Estados Unidos de América sino para diversificar el mercado exterior de esta especie, por lo que forzosamente se tendría que cubrir un periodo tal que permita el uso de la transportación marítima para garantizar su competitividad.

De lo anterior se deriva que la producción y potencial de comercialización de este producto justifican el desarrollo de investigaciones que contribuyan a la determinación de manera más precisa de las condiciones de almacenamiento y/o transportación recomendables a nivel comercial.

La refrigeración como tecnología de conservación para frutas y hortalizas frescas, es la más ampliamente utilizada y destaca sobre otras porque permite conservar el valor nutritivo, sabor natural, olor y calidad de estos productos en forma tal que apenas se diferencian de los recién cosechados, siempre y cuando se aplique adecuadamente, esto es, que se hayan contemplado los factores tanto del producto como del frigorífico para establecer las condiciones que van a operar durante el periodo de almacenamiento (Bósquez, 1992). Sin embargo el almacenamiento refrigerado de productos vegetales tropicales y subtropicales

generalmente no ha tenido éxito debido a la considerable susceptibilidad que presentan estos productos a los daños por frío (Jagtiani, 1988; Vázquez, 1985).

La causa de aparentes diferencias en la respuesta al almacenamiento de frutas depende de varios factores, entre ellos las condiciones ambientales y culturales que prevalecieron durante su crecimiento y desarrollo (características de la región de procedencia), épocas de cosecha; del estado de madurez en que se almacenen, temperatura y periodo de exposición, etc., por lo tanto las condiciones exitosas de almacenamiento probablemente necesitan ser establecidas en cada área de producción (Jagtiani, 1988).

El mango es un fruto tropical por lo que la limitación de almacenamiento a baja temperatura ha motivado la investigación de otros métodos de conservación, como es el caso de Atmosferas Controladas(A.C.), en las que se modifica la composición gaseosa de la atmósfera con respecto a la del aire en una cámara de frigoconservación. En sentido amplio se entiende como A.C. a la conservación de un producto hortofrutícola, generalmente, en una atmósfera empobrecida en oxígeno(O₂) y enriquecida en anhídrido carbónico(CO₂). Esta técnica asociada al frío, aumenta el efecto de la refrigeración, reduciendo la velocidad de los procesos fisiológicos y disminuyendo las pérdidas (Herrero, 1992).

1.1. ANTECEDENTES.

1.1.1. ANTECEDENTES ECONÓMICOS.

Importancia del mango en México.

El mango representa para México un recurso importante, ya que en los últimos años la producción ha ido aumentando y ha colocado al país en el segundo productor a nivel mundial, con una producción anual de aproximadamente 1,130,000 toneladas (fig 1)(F.A O.,1994, Galán, 1993). Además su cultivo constituye no sólo una fuente de empleo, sino un importante ingreso de divisas generados por la exportación como fruta fresca de 122,214 toneladas/año en los últimos años (fig. 2)(EMEX, 1995); siendo los Estados Unidos de América el mercado principal y en menor proporción Canadá, Europa, Japón, Nueva Zelanda y Australia (Tabla 1).

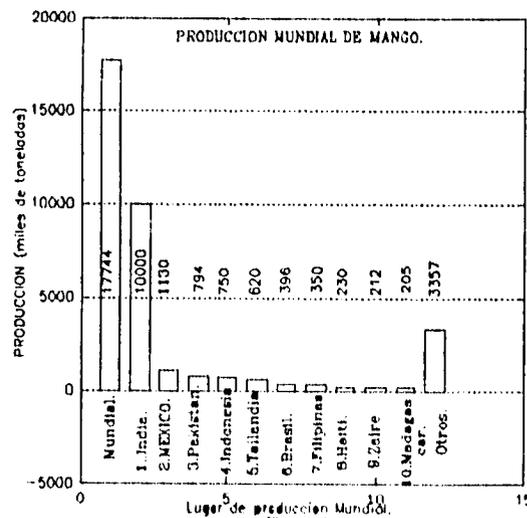


Figura 1.
Principales productores de Mango en el Mundo.
Datos tomados de la F.A.O. 1994 Production Yearbook.

La apertura comercial no sólo con los países de Norteamérica, sino con todo el mundo representa una excelente oportunidad para incrementar la exportación de este producto, por lo que su calidad debe ser monitoreada cuidadosamente desde las zonas de producción hasta su arribo al consumidor final.

Tabla 1.
 Estadística de exportación de mango Mexicano.
 Principales importadores

PAÍS	1993		1994		DIFERENCIA DE CAJAS.
	CAJAS	%	CAJAS	%	
U.S.A.	20,282,864	86.50	23,478,268	86.45	3,195,404
CANADÁ	2,211,058	9.43	2,327,168	8.57	116,110
EUROPA	699,546	2.98	794,909	2.93	95,363
JAPÓN	227,151	0.97	422,223	1.55	195,072
NUEVA ZELANDA	27,283	0.12	87,808	0.32	60,525
AUSTRALIA			48,296	0.18	48,296
TOTAL DE CAJAS	23,447,902	100.00	27,158,671	100.0	3,710,769
TOTAL EN TONELADAS	117,240		122,214		16,980

Datos tomados de EMEX (Empacadores de Mango de Exportación), 1995.

La producción Nacional de esta fruta cubre gran parte del año (9 meses), y está distribuida de la siguiente manera, Chiapas y Oaxaca entran al mercado con su producción de mango criollo en los meses de enero y febrero, Veracruz y Guerrero lo hacen a partir del mes de abril con las variedades Manila y Kent, Nayarit, Sinaloa, Tamaulipas, Colima, Jalisco y Michoacán empiezan a producir en la segunda quincena del mes de junio y terminan en agosto y septiembre, con las variedades Haden, Tommy Atkins, Kent y Keitt. Como puede notarse esta fruta tiene una oferta estacional bien definida, pues en sólo cinco meses del año se cosecha el 80% de la producción total (S.A.R.H., 1992; Lataban, 1991).

En cuanto a volúmenes de producción, las aportaciones están dadas de la siguiente manera: Veracruz contribuye con el 28.44% de la producción nacional, Oaxaca con el 19.26%, Guerrero 13.31%, Sinaloa 8.19%, Nayarit 8.12% y Michoacán el 6.28%. En su conjunto estas entidades representan más del 80% de la producción nacional (S.A.R.H., 1993).

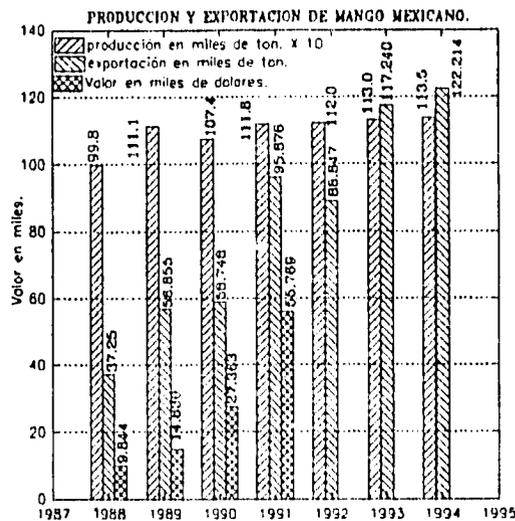


Figura 2.
Evolución de la Producción y exportación Mexicana de Mango durante el periodo 1988-1994. Datos tomados de la F.A.O. 1994 Production Yearbook, Emev A.C. 1995 y S.A.R.H. 1993.

La superficie cultivada y la producción en los principales estados de esta especie, ha manifestado un crecimiento notable con respecto a 1980. La superficie cultivada era de aproximadamente 64 mil hectáreas y pasó a 104 mil en 1988. A partir de 1989, tanto la superficie como la producción, se ha mantenido constante, con un descenso del orden de 3.5% en 1990 a consecuencia de las heladas en los principales estados productores; nivelándose durante el periodo de 1991-1994 con un promedio de 1.100,000 ton./año (fig. 2) (F.A.O., 1994; S.A.R.H., 1992

Comercialización Nacional.

Los volúmenes de producción del mango se destina en su mayor parte al mercado nacional, aproximadamente el 60% de ésta se consume en forma de fruta fresca, destacando la variedad Manila y en menor proporción las de Florida (Kent, Haden, Keitt y Tommy Atkins), teniéndose como principales centros de consumo las grandes ciudades, como México, Guadalajara y Monterrey. La comercialización del fruto presenta irregularidades debido entre otros factores a la escasa organización de los productores, a los elevados costos de transporte causada por la lejanía entre los centros de producción y los de consumo (S.A.R.H., 1992).

El consumo aparente nacional como fruta fresca en 1991 fue de 1,018,014.3 ton., mientras que en 1992 disminuyó a 986,895.6 ton., manteniéndose a la fecha más ó menos

constante; mientras que en el extranjero hay un incremento cada vez mayor para el consumo de ésta fruta (anuario estadístico, 1993).

Comercialización internacional.

El comercio internacional de frutas tropicales en estado fresco continúa desarrollándose fuertemente en la actualidad. Los principales factores que han contribuido a la expansión constante en el pasado y que también son importantes para incursionar otros mercados son:

- a) el interés creciente en nuevos sabores y alimentos variados e innovadores,
- b) la creciente familiaridad del consumidor con productos tropicales debido a viajes por ultramar y actividades promocionales,
- c) un creciente número en ventas al exterior, especializadas en el comercio de frutas hacia las áreas metropolitanas.
- d) el importante papel de la industria restaurantera y de población inmigrante, iniciando un mercado para estos productos.

Algunos factores técnicos también han contribuido, tales como mejoras en sistemas de transportación por aire y por mar, y tecnología para incrementar la vida de almacenamiento reduciendo los índices de pérdidas.

El comercio en fresco de frutas tropicales está sujeto a ciertas regulaciones y medidas políticas de comercio. Algunos países requieren la expedición de un certificado de sanidad por las autoridades de salud del país exportador. Muchos países tienen establecidos niveles máximos para residuos de ciertos fungicidas. En el caso del mango los requisitos exigidos por el cliente importador es que éstos deberán llegar maduros pero con consistencia firme para que puedan llegar a su madurez comestible satisfactoriamente y tener una duración de almacenamiento lo más prolongada posible. La mayoría de los compradores prefieren la fruta que a la llegada presenta ya algo de su color maduro, amarillo o rojo según la variedad. Los mangos cuyo exocarpo (piel o cáscara) no ha desarrollado el color característico de la variedad, aunque internamente estén completamente maduros y sean de calidad excelente, son de difícil venta y necesitarán cierta promoción para su venta en estos mercados (F.A.O, 1988; Centro de Comercio Internacional, 1987)

México tiene grandes posibilidades de competir con éxito en el mercado exterior del mango, en base a la buena calidad del fruto y a sus volúmenes producidos. Sin embargo es de suma importancia que la imagen creada en diversos centros de consumo internacionales que han aceptado el producto, sea afianzada con una oferta estable. Así mismo es importante a nivel local fomentar programas de control integral de plagas y enfermedades que permitan

elevar la producción y la productividad, revisar los impuestos que se pagan por la exportación con el fin de analizar la posibilidad de reducirlos, fomentar y difundir mayores apoyos crediticios para la exportación; fomentar la organización de productores con el fin de elevar la eficiencia de los canales de distribución (S.A.R.H., 1993; Protrade, 1992).

Los importadores parecen preferir las variedades más conocidas, como Alphonso, Amelie, Apple, Haden, Kent y Ruby. Esta fruta se consume sobre todo como postre: por consiguiente no deberá contener tejido fibroso y deberá tener un buen sabor, libre de sabores terpénicos extraños cuando se halle en plena madurez (Centro de Comercio Internacional, 1987).

Las variedades cosechadas en México con fines de exportación pertenecen al grupo "Mulgoba": Haden, Keitt, Kent y Tommy Atkins que por sus características de sabor, color, pulpa resistente, sin fibra y con amplia duración tienen una reconocida aceptación (Protrade, 1992).

En 1991, México se colocó como el primer exportador del mundo, con ventas al exterior que ascendieron a las 96 mil toneladas, lo que representó el 8.6% de la producción nacional, generando divisas para el país por más de 86 millones de dólares. Los principales destinos de las exportaciones fueron a los Estados Unidos con 88,000 toneladas (91.8%), Canadá 5,800 toneladas (6.0%), Francia 1,100 ton.(1.2%), Japón 216 ton.(0.7%) y otros países de Europa 681 toneladas.

Es interesante constatar que las exportaciones de mango a los Estados Unidos se incrementaron en más de un 62%, mientras que las de Canadá aumentaron en un 120%. Las ventas a los países de Europa crecieron en un 70%. en término globales, las exportaciones se incrementaron en un 61% en 1991 respecto a 1990 (S.A.R.H., 1993; S.A.R.H., 1992).

En el mercado europeo se aprecian notablemente los mangos mexicanos, y por consiguiente tienen posibilidades de cotizarse alto, ya que son de muy buena calidad (S.A.R.H., 1992; Centro de Comercio Internacional, 1987).

Problemática.

Desde el punto de vista económico el potencial de la producción y comercialización del mango es bastante alto, sin embargo enfrenta diversos problemas tanto humanos (capacitación, organización), financieros (montos y propósitos de créditos), tecnológicos (almacenamiento, empaque y proyectos tecnológicos), administrativos (trámites para exportación, barreras

arancelarias y no arancelarias) y de infraestructura (transporte especializado, plantas de empaque y embalaje, procesos hidrotérmicos) entre otros (S.A.R.H., 1992; Mata y col., 1992).

La problemática es compleja, ya que además de los problemas generales ya mencionados se encuentran factores más específicos del propio fruto que influyen determinantemente, como las dificultades agrícolas y características propias del cultivo.

De las plagas que atacan al cultivo la que destaca es la mosca de la fruta (*Anastrepha ludens*), de la cual el mango es uno de los hospederos más importantes, ha provocado que los principales países importadores del mango mexicano (E.U.A. Japón), hayan impuesto un tratamiento hidrotérmico como medida cuarentenaria; lo cual ha obligado a los exportadores no solo a realizar fuertes inversiones en equipos, que no siempre resultan ser los más adecuados, ya que el control del tiempo y la temperatura del tratamiento deben ser estrictamente controlados. Lo cual varía por variedades, tamaño y estado de madurez principalmente. Esto ha originado que los importadores reporten en algunas ocasiones problemas de calidad, sobre todo, en la homogeneidad del proceso de maduración del mango, así como en la falta de una estricta clasificación por tamaños del producto (Fernández, 1995; Mata y col., 1992)

Lo anterior es de vital importancia para las exportaciones a E.U.A. y Japón, pero hay muchos otros países donde el mango mexicano es bien aceptado y donde tales medidas fitosanitarias no existen y por lo tanto además de no descuidar los primeros, habrá que poner atención en los consumidores potenciales para poder diversificar el mercado.

Otras plagas existentes que afectan la producción del mango son: escamas, piojo harinoso, papalota del mango y hormiga arriera, pero se cuenta con la tecnología y los productos para su control (S.A.R.H., 1992).

En cuanto a enfermedades, las más importantes, responsables de pérdidas en mango y en muchas otras frutas tropicales, son la antracnosis, nombre común de la enfermedad causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz que infecta a la fruta durante su desarrollo y permanece latente como una hifa subcuticular hasta que con la maduración del fruto, las condiciones son propicias para su desarrollo, es por ello que la sintomatología aparece durante el almacenamiento o la comercialización. Otra enfermedad es la pudrición del extremo del pedúnculo causada por *Gloesporium mangiferae* la cual predomina en todas las áreas de crecimiento del mango en todo el mundo (Johnson, 1993; Salunke, 1986; González, 1982).

La mala organización de los productores en algunas entidades, la poca asistencia técnica, la falta de financiamientos oportunos por parte de las instituciones bancarias, y una

comercialización compleja causada por un excesivo intermediarismo, son causas que limitan el sano crecimiento del subsector tanto a nivel nacional como internacional (S.A.R.H., 1992).

El consumidor extranjero muestra cierta tendencia a juzgar el nivel de calidad de los productos de un país totalizándolos, es decir, atribuyendo una adjetivización al conjunto de los productos provenientes de éste país. Tal situación es debida principalmente a que un exportador aislado difícilmente promueve una marca en especial, para crear una imagen de calidad de su producto en los mercados internacionales, ya que esto resultaría altamente costoso. Por esta razón la calidad de varios productos no siempre es la misma y esto desconcierta a los consumidores extranjeros. Tal situación se presenta en el mango mexicano (Protrade, 1992).

El interés creciente en el desarrollo de sistemas de transportación a bajas temperaturas y otras tecnologías asociadas con la conservación de la calidad en fresco ha llevado a ampliar y consolidar mercados internacionales.

1.1.2-CARACTERÍSTICAS DEL MANGO.

Origen y distribución.

El Mango es uno de los frutos tropicales más antiguos y más importantes. Es una especie de origen indo-binmano (Norte de la India) o malayo, probablemente cultivado por el hombre desde hace más de 4000 años, de la que se habla ya en los libros de Los Vedas, que son las sagradas escrituras hindúes. Las primeras noticias sobre esta especie para el mundo occidental llegan en el año 327 A.C. con las expediciones de conquista de Alejandro Magno al Valle del Indo, donde observa los huertos de mangos (Galán, 1990; Nagy, 1980).

Los misioneros budistas primero, los misioneros mahometanos luego, y por último los marineros españoles y portugueses diseminan el mango por los trópicos. La India tiene por mucho, el área de cultivo de mango más extensa: aproximadamente un millón de hectáreas, se le cultiva comercialmente en Transvaal, Egipto, Israel, Florida, México y Queensland (Samson, 1991; Galán, 1990).

La obtención en 1910, en Florida, del excelente cultivar 'Haden' marca el comienzo del desarrollo moderno de este cultivo (Samson, 1991).

Clasificación y estructura.

El nombre científico del árbol de mango es *Mangifera indica*. Pertenece a la familia dicotiledónea Anacardiaceae, donde se encuentran varias especies frutales con importancia comercial, bien para mercados de exportación o para mercados locales, y el género está constituido por 62 especies, aproximadamente 16 de éstas tienen frutos comestibles. Entre ellos destacan por su valor frutícola *M. verticillata* Rob, y por su uso como portainjerto *M. foetida* Lour y *M. odorata* Griff (Samson, 1991; Galán, 1990; Hulme, 1971).

El mango es un árbol siempre verde, erecto, de hoja perenne y bien ramificado con una densa copa; puede alcanzar hasta 40 m de altura y posee un sistema radicular profundo y vigoroso. La inflorescencia es una panícula terminal ramificada de 10 a 60 cm. de largo, con mil o más flores masculinas y hermafroditas (Galán, 1990; Samson, 1991; Hulme, 1971).

El fruto es una drupa carnosa, constituida por el exocarpio, que es la cáscara, el mesocarpio que es una pulpa comestible y el endocarpio que es la estructura leñosa que envuelve a la semilla y comúnmente se le denomina hueso. El fruto varía ampliamente en tamaño, forma, color, sabor, tamaño de semilla, contenido de fibra y composición. El peso puede oscilar desde 100 g hasta unos 2 Kg.; en forma desde redonda hasta ovoide, arriñonada y a veces aplanada lateralmente, y en color, entre verde, amarillo y distintas tonalidades de rosa, rojo y violeta. La semilla presenta una cubierta doble consistente en dos capas papiráceas alrededor de la semilla. En el interior se encuentran dos cotiledones carnosos y de uno a varios embriones. Los cultivares monoembrionicos contienen un embrión cigótico o sexual, los cultivares poliembrionicos contienen dos ó más; uno puede ser cigótico y todos los demás nucelares. Por lo tanto, es posible propagar el mango vegetativamente por semilla, de igual manera que los cítricos (Galán, 1990; Samson, 1991; Ibar, 1979; Hulme, 1971).

Variedades.

Se conoce como variedad a aquel mango que ha logrado fijar sus características mediante la propagación vegetativa y cuyo cultivo comercial resulta conveniente por su calidad. En 1960 se definía a un buen cultivar de mango como aquel que reunía las siguientes características: 1) producción regular todos los años; 2) alto porcentaje de flores perfectas y baja producción de frutos sin embrión; 3) frutos de color atractivo; 4) conservación de frutos durante el transporte y almacenamiento cuando menos de 10 a 14 días después de la cosecha; 5) tolerancia a la antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* Penz y 6) fruto de buen sabor, sin fibra y cuyo hueso pese menos del 10% del total del fruto; y en 1974 se adicionan las características siguientes: 1) conservación de la calidad del fruto cuando se almacena en frío, 2) resistencia a la mosca de la fruta, 3) comienzo precoz de la producción a partir del

transplante; 4) hábito de crecimiento enano para facilitar la cosecha; 5) resistencia a heladas (De los Santos, 1989).

Hay distintas especies de *Mangifera* en Malasia, pero solo *M. indica* ha favorecido la calidad del fruto para explotación. Muchas variedades seleccionadas y de cultivo semillero en Florida condujeron a los llamados y comercializados cultivos de fuerte coloración, muy buena producción y de excelente transportación; y que ahora son adoptados en América Latina y otros lugares, para fines prácticos. Las variedades comerciales principales son Tommy Atkins, Keitt y Kent.

Los mangos cultivados en México pueden dividirse en tres categorías:

- 1) mangos de cultivo semillero (monoembrionico: criollo),
- 2) mangos Manila (poliembriónicos),
- 3) cultivos de Florida (variedades comerciales), los cuales corresponden a 35, 40 y 25 % respectivamente de la producción total. En México generalmente se prefiere el mango Manila y por lo tanto todo es consumido dentro del país. El mango de cultivo semillero, está limitado a lugares de producción remotos, es consumido en los alrededores, con un 10-15 % absorbido por la industria. Las variedades de Florida son preferidas para exportación por su color externo atractivo, uniformidad en tamaño, buena calidad y mejor resistencia durante su manipulación y transporte, aparte de su aceptación en mercados extranjeros (Vazquez, 1985).

Entre las variedades comerciales mejoradas se encuentran: Haden, Irwin, Zill, Tommy Atkins, Sensation, Keitt y Kent (S.A.R.H., 1993). La variedad '**Kent**', es una fruta grande, de 13 cm. de largo, con un peso entre 600-800 g. por pieza, forma ovoide pero ancha y robusta, con fondo de color verde amarillento y chapeo rojo oscuro, lenticelas amarillas numerosas y pequeñas; pulpa sin fibra y jugosa, sabor dulce y calidad excelente, semilla pequeña que representa el 9 % del peso total. La época de cosecha es de julio a agosto, aunque en ocasiones se cosecha también los primeros días de septiembre (Campbell, 1993; Galán, 1990; Tovar, 1989).

Composición química y valor nutricional.

Muchos de los trabajos reportados sobre la composición química del mango, concuerdan en que ésta varía considerablemente con la variedad y estado de madurez principalmente. Esto es más evidente, en rangos amplios reportados para porción comestible (55-75 %), semilla (7-23 %) y cáscara (8-22 %) (Jagtiani, 1988).

Los principales constituyentes del mango son agua, carbohidratos, minerales, pigmentos, taninos, vitaminas y compuestos volátiles, los cuales le imparten un agradable y característico aroma al fruto; su importancia nutricional se debe principalmente a la presencia de vitaminas y minerales. Los carbohidratos forman la mayor porción (10-14 %), incluyendo azúcares solubles, almidón, celulosa y sustancias pécticas. El valor calórico del fruto recae principalmente en los azúcares (Jagtiani, 1988; Hulme, 1971). La composición promedio de mango maduro se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Valor Nutritivo del Mango fresco.

Nutrientes y unidades.	Cantidad promedio por Kg. de porción comestible.	Nutrientes y unidades.	Cantidad promedio por Kg. de Porción comestible.
Calorías(k cal)	650	-Aminoácidos(g)	
(kJ)	2730	Triptófano	0.080
-Proximal(g.)		Treonina	0.190
Agua	817.10	Isoleucina	0.180
Proteína(N*6.25)	5.10	Leucina	0.310
Lípidos totales(Grasa)	2.70	Lisina	0.410
Carbohidratos totales	170.0	Metionina	0.050
Fibra ^b	8.40	Cisteína	---
Cenizas	5.00	Fenilalanina	0.170
-Minerales(ug.)		Tirosina	0.100
Calcio	100	Valina	0.260
Hierro	1.30	Arginina	0.190
Magnesio	90	Histidina	0.120
Fosforo	110	Alanina	0.510
Potasio	1560	Ácido aspártico	0.420
Zinc	0.40	Ácido glutámico	0.600
Cobre	1.10	Glicina	0.210
Manganeso	0.27	Prolina	0.180
		Serina	0.220

continúa tabla 2

Continúa tabla 2.

-Vitaminas(mg.)		continúan lípidos.	
Ácido ascórbico	277.0	12:0	0.010
Tiamina	0.58	14:0	0.090
Riboflavina	0.57	16:0	0.520
Niacina	5.84	18:0	0.030
α-Tocoferol	11.2	Total de Monoinsat.	1.010
Ácido pantoténico	1.60	16:1	0.480
Vitamina B ₆	1.34	18:1	0.540
Folacina(μg.)	---	20:1	---
Vitamina B ₁₂ (μg.)	0	22:1	---
Vitamina A(RE)	389	Total polinsaturados	0.510
(U.I.)	3894	18:2	0.140
		18:3	0.370
		18:4	---
-Lípidos(g.)		20:4	---
Ácidos grasos		20:5	---
Total de saturados	0.660	22:5	---
4:0	---	22:6	---
6:0	---	colecsterol(mg.)	0
8:0	---	fitosterol(mg.)	---
10:0	---		

^bFibra dietética insoluble determinada por el método de fibra con detergente neutro(1.08 g. por 100 g).

RE= Equivalentes de Retinol; U.I.= Unidades Internacionales.

Fuente: Gebhardt et al , 1982 Department of Agriculture

Los frutos sin madurar tienen más vitamina C que los maduros. El mango maduro es probablemente la fuente más rica de caroteno, precursor de la vitamina A. Un mango pequeño es adecuado para proporcionar la cantidad adecuada de vitamina A y C para una dieta balanceada; también son buena fuente de tiamina y niacina, pero sólo una pequeña cantidad de riboflavina está presente. El fruto también contiene una buena cantidad de calcio, fósforo y hierro.

Los principales componentes químicos para la variedad 'Kent' según dos diferentes fuentes, se encuentran en la tabla 3.

Tabla 3.
Composición química aproximada de mango c.v. 'Kent'
en estado de madurez comestible.

COMPONENTE	FUENTE	
	A	B
g./100g.		
Agua	81.85	---
Grasa	0.08	---
Ceniza	0.32	---
Acidez ^a	0.24	0.12
Sólidos solubles totales °Brix	---	21.0
Proteína	0.46	---
Almidón	0.74	---
Azúcares totales	12.36	20.90
Azúcares reductores	---	5.50
mg./100g.		
Caroteno total	1.757	0.927
β-Caroteno	---	0.277
Ácido ascórbico	20.05	23.5
Riboflavina	0.06	---
Niacina	0.42	---
Tiamina	0.06	---
Calcio	8.73	---
Fósforo	10.18	---
Hierro	0.16	---
Sodio	0.84	---
Potasio	115.00	---

^aCalculado como mg. de ácido cítrico/100g

A = Variedad crecida en Sudáfrica (Jagtiani, 1988).

B = Variedad crecida en México (Nagy, 1980).

1.1.3-ANTECEDENTES CIENTÍFICOS-TÉCNICOS.

Crecimiento, desarrollo y maduración.

La etapa fisiológica del crecimiento implica la división y desarrollo celular lo que da cuenta del tamaño final alcanzado por el fruto (figura 3). La madurez fisiológica suele iniciarse antes de que termine el crecimiento e involucra diferentes actividades en los diferentes frutos y periodo en que alcanzan su máximo crecimiento; es el estado de desarrollo, cuando el fruto ha alcanzado ó adquirido los atributos de individualidad, es decir independencia del árbol. La madurez de consumo (ripenig), es el proceso por el cual una fruta alcanza su calidad estética y comestible óptima (color, olor, sabor, textura, etc). proceso que generalmente comienza durante las etapas finales de la maduración y consituye el comienzo de la senescencia, la cual se define como una fase en la que los procesos bioquimicos anabólicos (sintéticos) dan paso a los catabólicos (degradativos) conduciendo al envejecimiento y muerte del fruto (Wills, 1984)

La maduración es la fase del desarrollo de un fruto, intermedia entre el desarrollo y senescencia. Es una etapa muy importante en la vida postcosecha del fruto, pues en ésta, conserva una calidad suficiente para la venta y consumo humano (Herrero, 1992; CoNalrut, 1982).

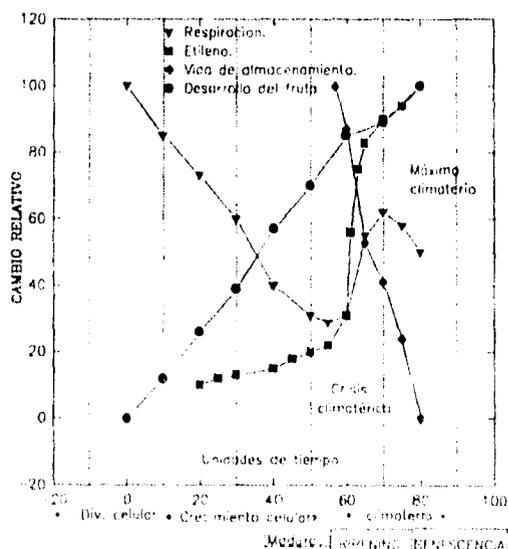


Fig. 3. CAMBIOS SUPRIDOS DURANTE EL DESARROLLO DE UNA FRUTA CLIMATERICA (de Herrero, A 1992)

Singh dividió el desarrollo del Mango en 4 etapas (Hulme, 1971):

- 1) Etapa juvenil: hasta 21 días después de la fecundación (rápido crecimiento celular),
- 2) etapa de máximo crecimiento : 21-40 días después de la fecundación,
- 3) maduración (respiración climatérica y madurez comestible) 49-77 días después de la fecundación,
- 4) senescencia

Índice de cosecha.

Un índice de cosecha es la medida de una o varias características para mango, ya sea física, química o fisiológica de la fruta, que permite identificar un estado de madurez específico en un producto vegetal. Si esta medida se selecciona adecuadamente, determinará el momento preciso para efectuar la cosecha, y garantizará con ello la obtención de productos en condiciones que aseguren un mayor período de almacenamiento y comercialización (Duran, 1983; González, 1982)

Es importante tener en cuenta que el índice específico para cada especie depende de la variedad, área de producción y condiciones climáticas, principalmente (CoNaFrut, 1982).

Para el caso particular de mango se han realizado numerosos trabajos de investigación para establecer el momento adecuado en el que se debe cosechar, ya sea para transportación a largas distancias o para una venta inmediata; esta problemática ha llevado a aplicar factores morfológicos y de color como los establecidos por Cheema y Dani (1934), los que describieron cuatro etapas diferentes de madurez basados en algunas características, en un intento para establecer el tiempo óptimo de cosecha. Estas etapas están designadas como: A, B, C y D (Jagtiani, 1988; Hulme, 1970).

-Etapa A: el fruto tiene los hombros alineados con el pedúnculo y el color de la cáscara es verde olivo. En esta etapa, el fruto aún no tiene crecimiento completo;

-etapa B: ocurre cuando los hombros han crecido más allá del extremo del pedúnculo; aconsejada como la mejor etapa para exportación,

-etapa C: el fruto tiene el color ligeramente amarillo;

-etapa D: el fruto está completamente maduro, con un ribor característico sobre la cáscara

Singh, sin embargo, hizo notar que la relación de pedúnculo y hombros no es válida para todas las variedades de Mango.

Actualmente existen para Mango índices de cosecha, que se dividen en

-Visuales: principalmente el color, haciendo un seguimiento del cambio de tono característico de punto sazón (verde olivo) a amarillo de diferentes tonalidades dependiendo de la variedad; conjuntamente se comprueba el color amarillo de la pulpa, ya que si la pulpa está empezando a cambiar a amarillo, el fruto madurará satisfactoriamente, en tanto que si la pulpa es completamente blanca, el fruto probablemente no madurará con una buena calidad;

-químicos: dentro de estos tenemos la acidez, sólidos solubles totales, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, contenido en almidón, etc .

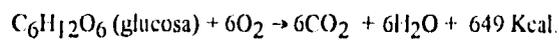
-físicos: la fuerza necesaria para desprender el fruto, peso específico, firmeza de la pulpa, llenado de los hombros, es decir que sobresalgan de la base ó unión del pedúnculo de la fruta (Bautista y colaboradores, 1993).

Cambios fisiológicos, físicos y químicos postcosecha de mango.

Actividad respiratoria.

Como ya se mencionó una vez cosechado el Mango, se llevarán a cabo una serie de procesos metabólicos que lo transformarán en un producto apto para su consumo. A continuación se describen los procesos y cambios físicos y químicos que se desarrollan durante la maduración del Mango.

La respiración es un proceso metabólico fundamental, totalmente imprescindible para que el fruto evolucione normalmente, el fruto consume oxígeno (O₂) y desprende anhídrido carbónico (CO₂) y calor según la ecuación siguiente.



Puede describirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos como el almidón, los azúcares y los ácidos orgánicos a moléculas más simples, como el CO₂ y H₂O, con la consiguiente liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas para las reacciones sintéticas celulares (Wills, 1984; CoNaFrut, 1982; Duran, 1983)

El ritmo o velocidad de respiración se conoce como actividad respiratoria, puede determinarse midiendo la cantidad de oxígeno consumido o bien la cantidad de anhídrido carbónico producido por unidad de peso y tiempo (mg. CO₂/Kg-h) (CoNaFrut, 1982).

Si se sigue la actividad respiratoria de una fruta a lo largo de su desarrollo, la maduración y la senescencia, se obtendrá un patrón respiratorio característico. La actividad respiratoria es más alta en las fases previas a la maduración y declina luego con la edad (Wills, 1984).

En el área de fisiología postcosecha, la actividad respiratoria es uno de los procesos que ocupa un papel relevante, ya que está estrechamente relacionado con cambios de calidad, madurez, vida de almacenamiento, rapidez de aparición de ciertas fisiopatías, manejo del producto y tratamiento postcosecha. Por lo tanto, la actividad respiratoria es el mejor indicador de la vida útil y de calor vital que puede generar un producto vegetal. Una velocidad de respiración alta se asocia con una vida útil corta y viceversa, como se puede ver en la tabla 4 (Bosquez, 1992; Wills, 1984; CoNaFru, 1982).

Tabla 4.
Relación entre la actividad respiratoria y la vida útil
de algunas frutas y hortalizas

PRODUCTO	ACTIVIDAD RESPIRATORIA MEDIDA A 15 °C (ml CO ₂ /Kg-h)	PERIODO DE ALMACENAMIENTO*
Papa	8	16-21 semanas
Limón	20	16-20 semanas
Manzana	25	12-16 semanas
Col	32	4-8 semanas
MANGO	63.88	1-4 semanas
Lechuga	200	1-3 semanas
Platano	200	1-2 semanas

*Período de almacenamiento a la temperatura recomendada para cada producto.

Un grupo significativo de frutos entre los que se incluyen el mango, fruto del pan, chirimoya, higo, tomate y la manzana la maduración se encuentra asociada a un incremento repentino de la actividad respiratoria y recibe el nombre de subida climaterica o incremento climaterico, y el grupo de frutos que lo presentan se les clasifica como frutos climatericos (figura 4).

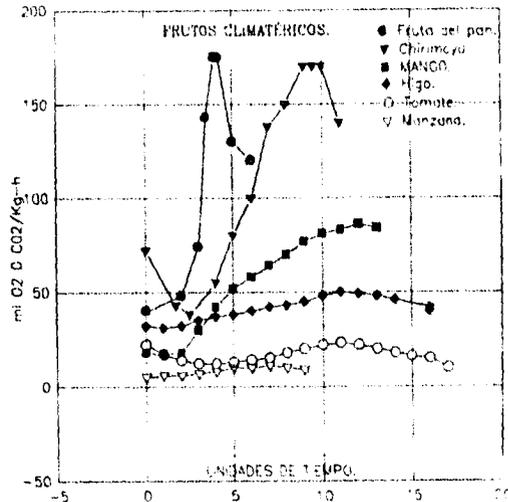


Fig. 4 Patrón respiratorio de frutos climatéricos. Unidades de tiempo: para manzana 1 unidad= 2 días; para el resto 1 unidad= 1 día (Tomado de Biale, J.B. and Young, R.E. 1981)

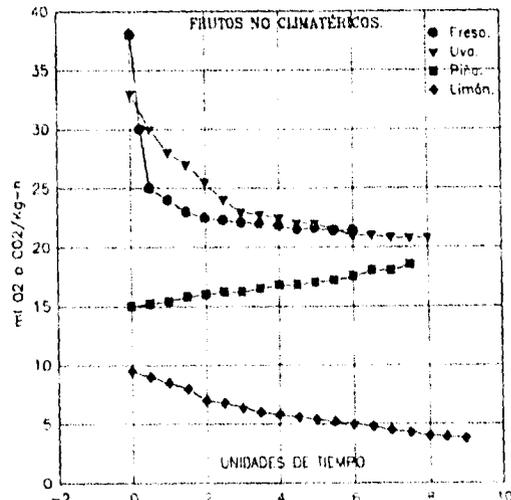


Fig. 5 Patrón respiratorio de frutos no climatéricos. Unidades de tiempo: Uva 1=4 días, Limón 1=7 días, Piña 1= 1 día, fresa 1= 0.5 días. (Tomado de Biale J.B. and Young, R.E. 1981)

Biale (1981) clasificó los frutos en climatéricos y no climatéricos, de acuerdo a la presencia o no de un repentino aumento en la actividad respiratoria. Aquellos frutos que como la piña, la

uva, la fresa o los cítricos, no exhiben un fenómeno de esta naturaleza son los clasificados como no climatericos (figura 5) y aunque manifiestan la mayor parte de las transformaciones características de la maduración, estas transcurren a un ritmo más lento (Herrero, 1992; Wills, 1984). La respiración de los frutos climatericos durante toda su vida se manifiesta como sigue (Herrero, 1992):

-Durante el periodo que va desde la fecundación hasta la edad de 3-6 semanas (división celular), la actividad respiratoria es muy intensa, posteriormente decrece rápidamente. En el periodo de crecimiento celular del fruto, la actividad respiratoria decrece más, pero lentamente.

-En un momento determinado la actividad respiratoria aumenta bruscamente. Este es el periodo que define la maduración y se le denomina crisis climaterica (pico climaterico). Durante el climaterio se produce un elevado incremento de la respiración, asociado a cambios físicos, químicos y sensoriales. Normalmente el fruto está, en estado de madurez comestible, poco después del pico climaterico.

Dentro de la etapa climaterica se distingue un periodo que inicia con el mínimo respiratorio hasta el máximo climaterico en el que el producto desarrolla las características de la madurez comestible (Ripening)

-Cuando el fruto envejece la velocidad de respiración disminuye. Antes de la muerte hay un ligero aumento y luego cesa, a este periodo se le denomina postclimaterio. En los frutos no climatericos la actividad respiratoria disminuye durante toda su vida (fig 3).

Como se puede apreciar, el climaterio es una señal para el comienzo del fin de la vida del fruto y consecuentemente trae consigo un interés fisiológico y tecnológico general.

Factores que afectan a la actividad respiratoria.

La actividad respiratoria está influenciada por diversos factores, tales como: la variedad, tamaño del fruto, fecha de recolección, la temperatura, la humedad relativa, la composición de la atmósfera ambiental, el manejo, etc. (Durán, 1983).

Los principales factores externos son

-Temperatura. La temperatura ejerce sobre la respiración una influencia considerable. En general se puede decir que cuando la temperatura se eleva 10 °C la actividad respiratoria aumenta dos veces y media y consecuentemente se reduce el tiempo de la vida útil del producto

Con la disminución de la actividad respiratoria, las células economizan reservas y esto se logra disminuyendo la temperatura.

	Temperatura(°C)	Actividad respiratoria (mg. CO ₂ /Kg-h)
Mango.	15-15.5	45.0
	20-21	75-151
	25-26	120

-Composición de la atmósfera ambiental:

a) Oxígeno. Cuando el O₂ está en muy baja concentración, la actividad respiratoria, se reduce y el pico climatérico se retrasa.

b) Bióxido de carbono. Los altos contenidos de éste gas actúan en el mismo sentido que los muy bajos en oxígeno, es decir, reduciendo considerablemente la actividad respiratoria y, en general, todos los procesos metabólicos. No obstante, la efectividad de los altos niveles de CO₂ es inferior a la obtenida con los bajos niveles de O₂.

Etileno.

El etileno es un hidrocarburo gaseoso (CH₂=CH₂), producido endógenamente por todas las plantas y sus órganos. Es una de las fitohormonas activas más conocidas. Se le conoce como hormona de la maduración, pues una vez producido en el interior de los tejidos de las frutas climatéricas es liberado y va aumentando en el medio ambiente, cuando llega a ciertos niveles estimula la actividad respiratoria y una mayor producción de etileno (producción autocatalítica). Es de gran importancia en fisiología postcosecha, por que está íntimamente ligado con todos los cambios asociados a la maduración de frutos: la degradación de clorofila (pérdida de color verde), cambios en textura (pérdida de la firmeza), cambios en sabor (producción de azúcares libres y compuestos volátiles, y disminución de la acidez), entre otros (Ryall, 1974; Watada, 1986)

Se sabe que el etileno actúa sobre la síntesis de enzimas y otras proteínas a nivel de ARN mensajero y/o modificando la permeabilidad de las membranas celulares (Yang, 1985)

La síntesis de etileno es autocatalítica. En los tejidos vegetales el etileno se sintetiza principalmente a partir de precursores que constituyen la trayectoria de reciclamiento de la metionina. (Yang 1980).

También se ha determinado que, para que el etileno pueda actuar debe unirse a un receptor de origen proteico, el cual requiere de un cofactor metálico. La ausencia o presencia de este receptor en el tejido determina la sensibilidad del fruto al etileno. La sensibilidad se incrementa conforme el fruto va acercándose al climaterio (Yang, 1985).

Todos los frutos producen pequeñas cantidades de etileno a lo largo de su desarrollo. Sin embargo durante la maduración postcosecha los frutos climatéricos lo producen en cantidades mucho más elevadas que los no climatéricos. La exposición a concentraciones tan bajas como 0.1-1.0 $\mu\text{l/l}$, durante un día, basta normalmente para acelerar la plena maduración de los frutos climatéricos; en los no climatéricos en cambio solo acelera la actividad respiratoria, dependiendo la magnitud del incremento de la concentración de etileno a que se hayan visto expuestos, favoreciéndose la pérdida de color verde en la cáscara de los cítricos (Wills, 1984).

El mango se caracteriza por sus bajos niveles de producción de etileno; el nivel endógeno de etileno en el preclimaterio es de 0.2-0.4 $\mu\text{l/Kg-hr}$ y se incrementa hasta 2-4 $\mu\text{l/Kg-hr}$ con la elevación climaterica (Kader and Mitcham, 1994). En cuanto al momento en que se presenta la autocatálisis del etileno en mango, se ha encontrado que difiere de acuerdo con la variedad, así por ejemplo, en la variedad 'Haden', antecede a la elevación climaterica, mientras que en la 'Carabao', coincide con el máximo climaterico (Cua and Lizada, 1989).

Pérdida fisiológica de peso (p.f.p.).

La transpiración es el proceso por el cual el fruto pierde parte de su agua. En los productos cosechados la pérdida de agua representa un descenso del peso comercial, nada despreciable, pudiendo oscilar entre el 3 y 7 % del peso inicial, y por tanto es una disminución de su valor en el mercado. De ahí la utilidad de las medidas tendientes a minimizar las pérdidas de agua que puedan tener lugar después de la cosecha.

La transpiración no depende solamente de la tensión de vapor de agua de la atmósfera ambiental, depende además de características naturales propias de cada variedad. La tendencia de los frutos a perder agua guarda relación con las características anatómicas, morfológicas y bioquímicas: grosor de la piel, presencia de grietas, el número de lenticelas (dimensiones y estado de apertura de las mismas), la presencia de capa cerosa, la continuidad y espesor de la cutícula, así como azúcares capaces de retener agua.

Se ha reportado que existe una estrecha relación entre la pérdida fisiológica de peso (p.f.p.) y el número de lenticelas presentes en el fruto de mango. La p.f.p. más alta la presentó el cultivo Mallika de diferentes variedades estudiadas, el cual también registro el mayor número de lenticelas. Sin embargo la cantidad de agua transpirada de un fruto por día al parecer no está influenciada por las diferentes estructuras de la cutícula (Durán, 1983; Wills, 1984; Dietz, 1988).

Los métodos disponibles para aminorar la p.f.p. se hallan limitados al descenso de la temperatura y/o aumentando la humedad relativa, o bien interponiendo una barrera que impida o dificulte el paso del agua.

El mantenimiento de frutos en atmósferas de elevada humedad relativa plantea el problema de la influencia de esta condición sobre el desarrollo microbiano. En los medios de cultivo, la mayoría de los hongos dejan de desarrollarse en cuanto la humedad relativa desciende a un 90% y son muy pocos los que pueden crecer cuando no supera el 85%. Los frutos maduran mejor a humedades relativas de 90%, ya que no sólo ofrecen mejor aspecto, al no arrugarse, sino también una calidad interna superior (Wills, 1984).

Cambios físicos y químicos durante la maduración.

Con los cambios en el contenido y actividad enzimática durante el proceso de maduración, se presentan una serie de alteraciones en los constituyentes químicos que conducen a la obtención del color, sabor, textura y aromas característicos de la madurez de consumo.

Los cambios específicos para mango son los siguientes:

COLOR. La clorofila se degrada por acción de la clorofilasa y cambios de pH a sustancias incoloras, dicha degradación se realiza en forma paralela con la síntesis y/o el desenmascaramiento de pigmentos cuyos colores oscilan entre amarillo y rojo (carotenoides). Las variedades de Florida, tienen una pronunciada mezcla de amarillo a violeta, con o sin color verde, transformándose el fruto a rojo cuando madura, adquiriendo un color más intenso externamente, lo cual es un factor importante en la preferencia del consumidor (Jagtiani, 1988; Nagy, 1980).

AZÚCARES. El almidón se hidroliza y el contenido de azúcares se incrementa. Cambios en el metabolismo de almidón durante el desarrollo del fruto ha sido demostrado como una gran influencia en el contenido de azúcar del fruto. Los principales azúcares libres presentes en mango son fructuosa, glucosa y sacarosa; mientras que xilosa y arabinosa se han detectado en pequeñas cantidades durante diferentes estados de maduración del fruto. También se ha reportado que 10

días después de la cosecha, los azúcares totales se incrementan de 4 a 9 % y la acidez titulable disminuye de 1.4 hasta casi desaparecer, resultando en un incremento doble de

la relación azúcar/ácido, con lo cual la dulzura se incrementó considerablemente (Jagtiani, 1988; Nagy, 1980)

ÁCIDOS ORGÁNICOS. El contenido de ácidos orgánicos se reduce ya que entran al ciclo respiratorio o son convertidos en azúcares. La acidez total varía de 0.13 a 0.71 % , la cual se expresa en términos de ácido cítrico o málico, siendo los principales ácidos orgánicos libres que contribuyen a su acidez. Además se ha reportado la presencia de ácidos oxálico, malónico, succínico, pirúvico, adipico, galacturónico, glucurónico y mucico (Nagy, 1980; Hulme, 1971).

Se ha reportado que de los ácidos orgánicos del mango Kent cultivado en Taiwán el ácido predominante es el cítrico y contiene pequeñas cantidades de tartárico, málico, oxálico y glicólico.

Las variedades de Florida al cosecharse muestran una acidez significativamente baja (0.5-1 %) La reducción de la acidez durante la maduración es de mucha importancia en el sabor del fruto (Jagtiani, 1988; Nagy, 1980).

FIRMEZA. Las sustancias pécticas insolubles (protopectinas y pectato de calcio) se desdoblan por acción enzimática (pectin esterasa y poligalacturonasa) a sustancias pécticas solubles, con la consecuente disminución de la firmeza. Poco es conocido acerca de las sustancias pécticas y los constituyentes de la pared celular del fruto de mango. Generalmente se acepta que el ablandamiento y cambios en la firmeza que ocurren durante el proceso de maduración están asociados con los cambios en sustancias pécticas (Nagy, 1980).

Mitchman and McDonald (1992) estudiaron los cambios en la pared celular de mangos 'Keitt' y 'Tommy Atkins' durante la maduración, encontrando en ambos cultivos que la actividad de la poligalacturonasa se incrementaba durante ésta, además de que disminuían la hemicelulosa y los azúcares neutros (arabinosa, ramnosa y galactosa). Estos datos indican que tanto procesos enzimáticos como no enzimáticos, están involucrados en el ablandamiento del fruto de mango.

Todos estos cambios en conjunto, proporcionan el patrón de maduración de los frutos, importantes para el establecimiento de los programas de manejo más convenientes y los estándares de calidad (S A R I I , 1986).

1.1.4- TÉCNICAS DISPONIBLES PARA LA CONSERVACIÓN EN FRESCO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

El almacenamiento de los productos hortofrutícolas tiene como función primordial prolongar su vida útil y conservar su calidad mediante la aplicación de las condiciones ambientales adecuadas que permitan reducir la velocidad de los procesos vitales de estos productos, con lo cual es posible disponer de frutas y hortalizas por periodos más prolongados que los normales, ofrecer productos frescos a mercados distantes y reducir pérdidas durante su comercialización.

Considerando lo anterior, resulta clara la importancia de conocer los factores que determinan el éxito del almacenamiento, a saber:

a) Naturaleza del producto (tipo de órgano, especie, variedad, metabolismo, estado de madurez, susceptibilidad a enfermedades y fisiopatías).

b) Acondicionamiento aplicado al producto que se va a almacenar (lavado, aplicación de fungicidas, reguladores del crecimiento, películas cubrientes, preenfriamiento, etc.).

c) Factores de control propios de la cámara de almacenamiento: temperatura, humedad relativa, circulación de aire, sanidad y purificación del aire, concentración de gases como oxígeno, bióxido de carbono y etileno, patrón de estibamiento y envases.

Existen diferentes tipos de almacenamiento:

1. A temperatura ambiente.
2. Refrigerado.
3. Con atmósfera controlada.
4. Hipobárico.

Y su aplicación está en función del destino que se fije a cada producto y de las ventajas y desventajas que ofrece cada método; además, con cierta frecuencia se requiere utilizar varias técnicas de conservación en forma simultánea o secuencial para obtener los resultados deseados.

REFRIGERACIÓN.

La temperatura es el factor individual más importante en lo que respecta a condiciones de almacenamiento.

La refrigeración se puede definir como el proceso mediante el cual se remueve el calor del interior al exterior de un almacén bajo condiciones controladas. Como método de conservación para frutas y hortalizas destaca sobre otros porque permite conservar el valor nutritivo, sabor natural, olor y calidad de estos productos, en forma tal que apenas se diferencia de los recién cosechados siempre y cuando se aplique adecuadamente; esto es que se hayan contemplado los factores tanto del producto como del frigorífico, para establecer las condiciones que van a operar durante el periodo de almacenamiento (Bósquez, 1992).

Ventajas.

El almacenamiento a bajas temperaturas ofrece las siguientes ventajas:

- Reducción de la producción de etileno,
- disminución de la actividad respiratoria,
- disminución de la actividad enzimática (regulación de gran cantidad de reacciones responsables de cambios en firmeza de la pulpa, color, cantidad de nitrógeno, azúcares, etc.),
- reduce las pérdidas de diferentes compuestos útiles (azúcares, vitaminas, etc.) y los que se derivan de la transpiración (pérdida de peso, jugosidad, textura, etc.),
- frena la actividad microbiana,

En resumen la refrigeración permite que los frutos tratados, economizan sus reservas, por lo tanto aumentan sus posibilidades de vida, alargándola.

En general las bajas temperaturas disminuyen el proceso de la maduración, el interés radica en aplicar la temperatura que permita la conservación, en buenas condiciones durante un periodo de tiempo prolongado. La temperatura óptima es aquella en la cual el fruto puede ser almacenado el mayor periodo de tiempo sin perder las características correspondientes a una buena calidad. Es importante hacer notar que no existe una temperatura óptima única para cada variedad; esta temperatura está en función del tiempo que se pretenda dure la conservación, del estado de madurez del fruto (punto de corte) el cual se ha comprobado que es el que mayores dificultades puede causar, sabiéndose sin embargo que mientras más desarrollado esté, más resistencia al frío presenta, así como también del lugar de procedencia, periodo de cosecha, las condiciones geográficas y diversas condiciones de cultivo, incluyendo la propia manipulación del producto (Holdsworth, 1988, Durán, 1983).

Desventajas.

Si las condiciones de refrigeración no son las adecuadas para un fruto en particular puede tener algunas consecuencias, como son:

- pérdida del aroma característico del fruto,
- la aparición de sabores u olores extraños (off flavors u off odors),
- mal desarrollo del color,
- alteraciones fisiológicas,
- maduración heterogénea.

Algunos productos, principalmente los de origen tropical y subtropical son susceptibles al denominado daño por frío, que es una fisiopatía (alteración fisiológica) que se produce a bajas temperaturas, generando grandes pérdidas. Daños por frío (chilling injury) son alteraciones citológicas y metabólicas, las cuales son reversibles en cortos periodos, pero también llegan a ser irreversibles (Yi, 1994; Shewfelt, 1986).

El mango es una fruta tropical altamente percedera y el uso de bajas temperaturas para conservarla, aún por periodos breves, acarrea problemas considerables. La mayor desventaja de la refrigeración para la conservación de mangos, es su susceptibilidad a daños por frío; son muy comunes, sobre todo cuando se almacenan por periodos largos, donde la temperatura apropiada no ha sido previamente definida. Estos daños se desarrollan tanto en la parte externa como interna del fruto y se manifiestan en dos formas: físicamente y químicamente. En el aspecto físico hay desarrollo de manchas pardas o picaduras sobre la superficie del fruto, un cambio de coloración de la cáscara, una maduración irregular y una disminución a la resistencia al ataque de microorganismos (Yi, 1994; Chaplin, 1988; Zabala, 1988).

Cuando el daño es severo, el fruto se torna muy blando debido al incremento en la actividad pectínesterasa que produce la solubilización de la pectina insoluble (Joseph, 1993, Zabala 1988).

Los daños de tipo químico se manifiestan alterando el metabolismo de tal manera que hay problemas en la maduración, resultando frutos de mala calidad, pobres en aroma y sabor, bajo contenido en azúcares, una alta acidez y una pobre síntesis de carotenos. Además hay acumulación de minerales (Ca^{2+} , K^+ y Na^+) en los tejidos dañados, encontrándose que iones K^+ activan la invertasa e inhiben considerablemente la amilasa del fruto.

Un problema en el daño por frío es que frecuentemente no se expresa, hasta después que el producto es removido del almacén, lo cual tarda horas o días (Yi, 1994; Joseph, 1993; Zabala, 1988; Laksminarayana, 1985; Arriola, 1983).

Condiciones de refrigeración recomendables para Mango.

El umbral de bajas temperaturas (temperatura crítica) en la que no se induce el daño por frío varía por cultivo e índice de madurez. Para la variedad Haden la temperatura no debe ser menor a 13 °C, en tanto para la Tommy Atkins esta temperatura es de 10 °C. Algunos cultivos pueden permanecer a bajas temperaturas sin dañarse; sin embargo, todos los mango inmaduros son sensibles a temperaturas por abajo de los 10 °C. Debido a que el mango no puede mantenerse a muy bajas temperaturas, su transportación a largas distancias sin una atención particular de todos los aspectos del sistema de manejo es muy limitada. Sin embargo se ha reportado que en postcosecha la refrigeración puede aplicarse para periodos cortos de almacenamiento, retrasando ligeramente el proceso de maduración del mango y la temperatura recomendada se encuentra entre 10-15 °C (Joseph, 1993; Fornaris et al, 1990; Chaplin, 1988).

En general para las variedades de Florida se recomienda una temperatura de 12-13 °C y de 13 °C para la variedad Kent. De acuerdo al Departamento de Agricultura de los E.U.A. (U.S.D.A.), las mejores condiciones de almacenamiento y/o transportación, para mango, son temperaturas de 13 °C (55°F) y una humedad relativa de 85-90 % para un periodo de 2 ó 3 semanas (Fornaris et al, 1990; Arriola 1983).

De lo anterior se desprende que la única forma de evitar el daño por frío es aplicando temperaturas superiores a las que lo inducen, sin embargo, como éstas son generalmente altas, entonces los frutos no pueden conservarse por periodos prolongados. Como un intento para resolver este problema se han investigado métodos para atenuar la sintomatología del daño por frío, estas técnicas son:

- 1) Temperaturas de acondicionamiento (escalonamiento de temperaturas hasta llegar a la temperatura óptima de almacenamiento),
- 2) alternar las temperaturas de refrigeración con la ambiental,
- 3) bajo condiciones de almacenamiento hipobárico,
- 4) con la aplicación de Atmósferas controladas o modificadas;
- 5) tratamiento químicos,

6) aplicación de reguladores del crecimiento.

7) Tratamientos prealmacenamiento con calor (en investigación)(Mc Collum et al, 1993; Klein, 1991).

Las primeras 4 técnicas involucran manipulación y modificación de las condiciones ambientales, mientras que los otros métodos implican tratamiento directo con el producto. Estas técnicas reducen el daño por frío, aumentando la tolerancia del producto o retardando el desarrollo de síntomas de daño por frío (Yi, 1994; Chaplin, 1988; Thomas, 1988; González, 1982).

La búsqueda de mejores técnicas sigue desarrollándose, por lo tanto la posibilidad de continuar mejorando la calidad y reducir las pérdidas postcosecha de productos hortícolas tropicales, también es mayor.

ATMÓSFERAS CONTROLADAS (A.C.) Y ATMÓSFERAS MODIFICADAS (A.M.).

Las limitaciones del almacenamiento de mangos a baja temperatura ha motivado la investigación de otros métodos de conservación, como es el caso de Atmósferas Controladas (A.C.). En las que se modifica la composición gaseosa de la atmósfera con respecto a la del aire en una cámara de frigoconservación.

Definición.

Tecnológicamente los términos de Atmósfera Controlada (A.C.) y Atmósfera Modificada (A.M) se refieren a mezclas gaseosas, diseñadas para complementar la refrigeración y así aumentar el periodo de conservación, de las frutas y hortalizas frescas.

El término A.C. se usa para indicar la adición o remoción de gases de la atmósfera que rodea a las frutas y hortalizas para producir una mezcla de composición diferente a la del aire. Son diversos los gases cuya concentración se varía tratando de conseguir efectos benéficos, pero los fundamentos de esta técnica de conservación son el oxígeno (concentraciones reducidas respecto al aire), el bióxido de carbono (concentraciones mayores a la del aire) y el nitrógeno (para ajuste de las presiones).

- 6) aplicación de reguladores del crecimiento;
- 7) Tratamientos prealmacenamiento con calor (en investigación)(Mc Collum et al, 1993; Klein, 1991).

Las primeras 4 técnicas involucran manipulación y modificación de las condiciones ambientales, mientras que los otros métodos implican tratamiento directo con el producto. Estas técnicas reducen el daño por frío, aumentando la tolerancia del producto o retardando el desarrollo de síntomas de daño por frío (Yi, 1994; Chaplin, 1988; Thomas, 1988; González, 1982).

La búsqueda de mejores técnicas sigue desarrollándose, por lo tanto la posibilidad de continuar mejorando la calidad y reducir las pérdidas postcosecha de productos hortícolas tropicales, también es mayor.

ATMÓSFERAS CONTROLADAS (A.C.) Y ATMÓSFERAS MODIFICADAS (A.M.).

Las limitaciones del almacenamiento de mangos a baja temperatura ha motivado la investigación de otros métodos de conservación, como es el caso de Atmósferas Controladas (A.C.). En las que se modifica la composición gaseosa de la atmósfera con respecto a la del aire en una cámara de frigoconservación.

Definición.

Tecnológicamente los términos de Atmósfera Controlada (A.C.) y Atmósfera Modificada (A.M.) se refieren a mezclas gaseosas, diseñadas para complementar la refrigeración y así aumentar el periodo de conservación, de las frutas y hortalizas frescas.

El término A.C. se usa para indicar la adición o remoción de gases de la atmósfera que rodea a las frutas y hortalizas para producir una mezcla de composición diferente a la del aire. Son diversos los gases cuya concentración se varía tratando de conseguir efectos benéficos, pero los fundamentos de esta técnica de conservación son el oxígeno (concentraciones reducidas respecto al aire), el bióxido de carbono (concentraciones mayores a la del aire) y el nitrógeno (para ajuste de las presiones).

En caso particular de las frutas y hortalizas en estado fresco, esta tecnología conlleva a la aplicación de A.C. y A.M., la diferencia entre una y otra radica en el grado de control, en una A.C. se utilizan equipos e instrumentos para su medición y ajuste de manera que se mantenga tan constante como sea posible durante todo el periodo de conservación, en tanto que en la A.M. las condiciones se establecen para una conservación transitoria o de corto plazo por lo que no hay verificaciones ni ajustes posteriores pero se garantiza el mantenimiento de condiciones similares a la inicial en base al conocimiento de la fisiología del producto y a las características de la instalación. Esta última se aplica durante la transportación y distribución de los productos hortofrutícolas, mientras que la A.C. se circunscribe al almacenamiento (Herrero, 1992; Zagory, 1988; Kader, 1986).

En otras palabras, se habla de A.C. cuando el producto se almacena en una atmósfera que ya contiene los gases requeridos en la concentración deseada y que se mantendrá durante todo el almacenamiento. Mientras que la A.M. se refiere al almacenamiento de productos en una atmósfera cuya concentración en O_2 y CO_2 se modifica gradualmente por la actividad respiratoria propia de los productos (Herrero, 1992; Gómez y col., 1977).

Fundamento biológico.

El fruto al respirar absorbe O_2 del medio que le rodea ocasionando con esto la oxidación enzimática de sustancias de reserva y liberando energía; mientras tanto elimina CO_2 . Al encontrarse el fruto en una menor concentración de O_2 para respirar y en un ambiente con elevada concentración de CO_2 , se aminora el proceso de la maduración. Con la A.C. o la A.M. se reduce la velocidad de respiración del fruto, por lo tanto el máximo climaterio se produce más tarde y se retarda el periodo de senescencia, consecuentemente se alarga el periodo de conservación (Herrero, 1992)

Ventajas.

Las ventajas del almacenamiento en A.C. en general son:

- Se prolonga el periodo de conservación, respecto a la refrigeración,
- reducción de las alteraciones típicas del daño por frío, al permitir elevar la temperatura de almacenamiento,
- reducción de las mermas de peso,
- reducción de fisiopatías.

- mayor resistencia del producto después de la conservación en cuanto al reinicio del metabolismo, y mayor resistencia a la manipulación,
- efecto fungicida debido a la elevada concentración de CO₂,
- se reduce el calor de respiración del fruto como consecuencia de la mínima intensidad respiratoria,
- el aspecto y calidad originales se puede mantener considerablemente (color de la cáscara, jugosidad, dureza de la pulpa, etc.)(Metlinski, 1988; Herrero, 1992; Wills, 1984; Durán, 1983).

Desventajas.

- Cuando los niveles de O₂ son inferiores al 3% y/o el porcentaje de CO₂ es excesivo (10-12%), se induce la respiración anaerobia (hay formación de etanol y acetaldehído),
- nuevas fisiopatías y desordenes propios de la A.C.,
- respecto a la comercialización con A.C., el producto debe ser rentable y que la diferencia con el almacenamiento en refrigeración comercial sea significativa para que su aplicación sea redituable (Herrero, 1992; Wills, 1984; Durán, 1983; Metlinski, 1988).

EFFECTO EN LA FISIOLÓGÍA DE FRUTAS Y HORTALIZAS.

1) Actividad respiratoria.

Si la concentración de oxígeno en la atmósfera de almacenamiento se reduce por abajo del 8%, la velocidad de respiración disminuye en proporción a la concentración de O₂ (fig.6). Cuando la concentración de O₂ se reduce más allá de un nivel llamado "nivel crítico de O₂" (cantidad mínima necesaria de este gas para que la respiración proceda en forma normal), la respiración anaerobia comienza (Isenberg, 1979).

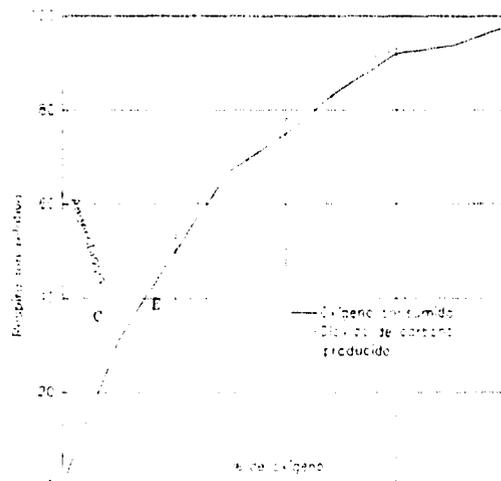


Fig. 6. Efecto de la concentración de O_2 en la captación del mismo y la evolución de la concentración del CO_2 por el fruto. E: Punto de extinción mínima concentración de O_2 a la cual la respiración aerobia cesa. C: concentración crítica de O_2 (Isember, 1979).

A concentraciones de O_2 menores al punto crítico, la vía glicolítica reemplaza al ciclo de Krebs como la principal fuente de energía necesaria para los tejidos vegetales, ya que el ácido pirúvico ya no es oxidado sino descarboxilado formando acetaldehído, etanol y CO_2 , dando como resultado el desarrollo de sabores extraños (off-flavors) y la desintegración de tejidos (trastornos fisiológicos). Por lo tanto, es necesario determinar el nivel mínimo de O_2 en la atmósfera de almacenamiento para asegurar el metabolismo aerobio y poder evitar la fermentación. Esto depende principalmente del tipo de producto, temperatura y tiempo de duración en el almacenamiento.

Por otro lado elevadas concentraciones de CO_2 también reducen la actividad respiratoria de frutas y hortalizas frescas, pero por arriba de un nivel de 20%, dependiendo del producto y la concentración de oxígeno, el CO_2 puede generar una acumulación de etanol y acetaldehído dentro de los tejidos. Se ha reportado que concentraciones cercanas al 10% de CO_2 generan acetaldehído y etanol en mango (Kader, 86, Lakshminarayana, 1970).

La velocidad de respiración se reduce debido a que el CO_2 es un catabolito de la respiración y la acumulación de productos de la reacción tienden a disminuirla. La adición de un

pequeño porcentaje de CO₂ puede tener un efecto ligeramente marcado en la respiración, pero si se eleva demasiado pueden presentarse efecto de anaeróbiosis (Herrero, 1992; Kader, 1980).

Los efectos combinados de concentraciones reducidas de O₂ y elevadas de CO₂ son aditivas, tanto en la actividad respiratoria como en la desviación de la respuesta aeróbica a la anaeróbica. Esto es, al 10% de CO₂ en aire influye el metabolismo respiratorio en el mismo grado o magnitud que una atmósfera con 2% de O₂; y la combinación de 2% de O₂ + 10% CO₂ tiene un efecto doble de cada componente solo (Kader, 1986).

La tolerancia de las frutas y hortalizas a las concentraciones reducidas de O₂ y y elevadas de CO₂ es muy variable, depende entre otros factores, de la especie y variedad (tablas 6 y 7). La tolerancia varía también en función de la temperatura, tiempo de exposición, edad fisiológica del órgano y presencia de otros gases. Por ejemplo, a medida que la temperatura se reduce, la concentración de O₂ requerida para un funcionamiento normal de la célula también disminuye debido a que aumenta la disolución de este gas en la célula y a que la intensidad respiratoria decrece; respecto al tiempo de exposición, se toleran concentraciones más bajas por periodos más cortos; con relación a la edad fisiológica en algunos frutos (manzana) la respiración se suprime con 5-10% CO₂ cuando se encuentran en el postclimaterio, pero en el preclimaterio no se observan efectos a la misma concentración (Pelayo, 1988).

El hecho de que diversas especies de frutas y hortalizas, y las variedades o cultivares dentro de la misma especie exhiban tolerancias diferentes al O₂ y al CO₂ obedece más a características anatómicas que bioquímicas (Brench, 1980).

FRUTA	TEMPERATURA (°C)	% O ₂	%CO ₂	BENEFICIO.
Manzana	0-5	2-3	1-3	Excelente
Kiwi	0-5	2	5	Excelente
Pera	0-5	2-3	0-1	Excelente
Fresa	0	10	15-20	Excelente
Nueces y frutas secas	0-25	0-1	0-100	Excelente
Plátano	12-15	2-5	2-5	Excelente
Higo	0-5	5	15	Bueno
Nectarina	0-5	1-2	5	Bueno
Durazno	0-5	1-2	5	Bueno
Ciruela	0-5	1-2	0-5	Bueno
Aguacate	5-13	2-5	3-10	Bueno
Limón	10-15	5	0-5	Bueno
Lima	10-15	5	0-10	Bueno
Chabacano	0-5	2-3	2-3	Regular
Toronja	10-15	3-10	5-10	Regular
Olivo	8-12	2-5	5-10	Regular
Naranja	5-10	10	5	Regular
MANGO	10-15	5	5	Regular
Piña	10-15	5	10	Regular

Tabla 5. Recomendaciones para el uso de A.C. y A.M en frutas (Yahia, 1992; Brecht, 1980).

HORTALIZA	TEMPERATURA (° C)	% O ₂	%CO ₂	BENEFICIO.
Col	0-5	3-5	5-7	Excelente
Espárrago	0-5	aire	0-5	Bueno.
Brócoli	0-5	1-2	5-10	Bueno.
Col de Bruselas	0-5	1-2	5-10	Bueno.
Elote	0-5	2-4	10-20	Bueno.
Lechuga	0-5	2-5	0	Bueno.
Cebolla verde	0-5	1-2	10-20	Bueno.
Tomate				
Sazones	12-20	3-5	0	Bueno.
Medio maduro	8-12	3-5	0	Bueno

Tabla 6. Recomendaciones de A.C. y A.M. para hortalizas (Yahia, 1992; Brecht, 1980)

II) Efecto en la biosíntesis y actividad del etileno (C₂-H₄).

Tanto la biosíntesis como los factores biológicos del etileno se ven influenciados por cambios en la composición de la atmósfera. Niveles de O₂ menores al 8% disminuyen la producción de etileno de frutas y hortalizas, y además reducen la sensibilidad al C₂-H₄. Con 2.5 % de O₂, la producción de etileno se reduce a la mitad y por lo tanto se retarda la maduración (Kader, 1986).

En la figura 7 se muestra la secuencia de reacciones que tiene lugar para la biosíntesis del etileno (Yang, 1986). La metionina como precursor es primeramente activada por ATP para formar S-adenosil metionina, el cual a su vez es fragmentado en 5 metil-adenosina y ácido 1-amino ciclopropanoico (ACC), reacción catalizada por la ACC sintasa. El ACC es a su vez transformado en etileno mediante la reacción dependiente de O₂ y con la participación de una enzima que se supone esta asociada a membranas, es lábil y esta sujeta a la alteración por varios compuestos químicos y tratamientos (enzima EFE).

Si se reduce entonces la concentración de O₂ como ocurre en A.C., se limita la transformación de ACC a etileno y la consecuencia es un retraso en el proceso de maduración y un alargamiento de la vida útil de las frutas y hortalizas de tipo climatérico (Pelayo, 1988).

Independientemente de como ocurra la acción del etileno, se sabe que la participación del O₂ es indispensable, por lo que a bajas concentraciones como ocurre en A.C. se limita su acción en el proceso de maduración.

Concentraciones elevadas de CO₂ pueden reducir, promover o no tener efecto en la tasa de producción de etileno, dependiendo del producto y de la concentración de CO₂. La presencia de 10 % de CO₂ suprime la actividad biológica de 1 ppm de C₂-H₄; pero la efectividad de concentraciones elevadas de CO₂ se reducen a concentraciones mayores de etileno (Kader, 1986).

Aunque bajas concentraciones de oxígeno y altas de bióxido de carbono disminuyen la producción de etileno y hacen menos susceptible a frutos y hortalizas, concentraciones dañinas de etileno pueden acumularse bajo condiciones de A.C., especialmente para frutos que normalmente producen altos niveles de etileno; en tales casos, un sistema efectivo de remover el etileno de las cámaras de almacenamiento reducen significativamente el ablandamiento y disminuye el deterioro (Kader, 1980).

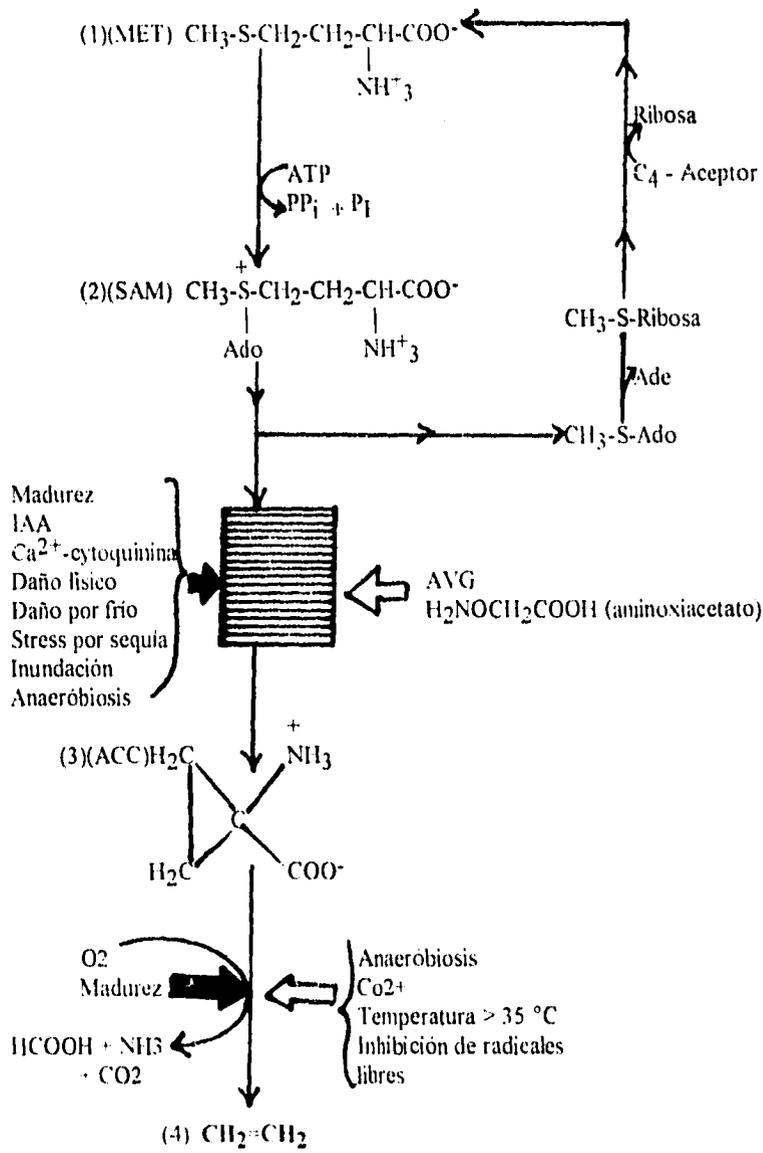


Figura 7 Regulación de síntesis de etileno **■** Es el punto que controla la velocidad de síntesis; inducción de la síntesis \rightarrow de la enzima, \Rightarrow Inhibición de la reacción. Met=metionina, Ado=Adenosina, SAM= S-Adenosilmetionina. AVG=Aminoetoxi vinil glicina, ACC= ácido 1-amino ciclopropanoico, Ade= adenina.

III). Efectos en la calidad de las frutas y hortalizas.

Cuando las frutas se mantienen en una mezcla apropiada de gases sobreviven por largos periodos reteniendo sus características de calidad, mientras que una mezcla inapropiada provoca un deterioro rápido debido a la aparición de fisiopatías por exceso de CO₂ o insuficiencia de O₂ (Smock, 1979; Durán, 1983; Metlinski, 1983).

Los productos hotofrutícolas conservados en A.C. presentan, con respecto a la conservación en refrigeración, las siguientes diferencias:

-Menores mermas de peso.

La pérdida fisiológica es mucho menor en A.C. que en refrigeración, tanto por la reducción de la intensidad respiratoria y la consiguiente menor transpiración como por la Humedad Relativa (H.R.) más alta que se mantiene en una cámara de A.C., que oscilan entre 90-95 %, y cuando la H.R. rebasa el 95% puede verse afectado el aroma y resultar favorecidas las pudriciones (Pelayo, 1988; Durán, 1983; Zagory, 1989).

-Mayor retención del color verde.

La pérdida de clorofila y la biosíntesis o aparición de carotenoides, antocianinas, licopeno, xantofilas u otros compuestos coloridos se reducen durante el almacenamiento de A.C.

Efecto adversos y desarrollo de oscurecimiento de tejidos internos ó externos ocurren como respuesta a altas concentraciones de CO₂ y/o reducidas de O₂ más allá de los niveles tolerados por un producto vegetal dado (Kader, 1986; Weichman, 1986)

Una disminución en la descomposición de clorofila y/o el mantenimiento del color verde en respuesta al incremento de CO₂ se ha reportado en muchos vegetales (Weichman, 1986).

-Mayor retención de la firmeza.

La retención de la firmeza es una de las más importantes ventajas del almacenamiento comercial en A.C. El efecto de niveles altos de CO₂ sobresale más que los bajos niveles de O₂, sobre la retención de la firmeza. El mecanismo de los efectos de la A.C. en la textura de frutas frescas y vegetales no está completamente estudiado ni entendido y merece mayor investigación (Kader, 1986; Weichman, 1986).

-Mayor retención de la acidez.

El CO₂ y O₂ ejercen una gran influencia en la dinámica de los ácidos orgánicos en frutas. En general se favorece la preservación de la acidez debido a una disminución del metabolismo, particularmente del oxidativo que da por resultado una menor utilización de ácidos orgánicos. Incluso se ha reportado un incremento de la acidez debido a la síntesis de ácidos orgánicos por asimilación heterotrófica de CO₂ (Pelayo, 1988).

-Menor producción de compuestos volátiles.

Mucho se desconoce todavía acerca del efecto de la A.C. en el metabolismo de las sustancias que constituyen el aroma y participan en el sabor de las frutas. En general se reportan tasas de producción de volátiles tales como alcoholes, aldehidos y ésteres más bajas que en el aire normal. Olores extraños (off-odors) pueden presentarse en algunos productos expuestos a concentraciones desfavorables de O₂ o CO₂, principalmente por exposición de un periodo de tiempo largo (Kader, 1986)

-Retención del ácido ascórbico.

La importancia nutricional del ácido ascórbico, y el hecho de poder retenerlo en A.C., producen un especial interés. En general una composición atmosférica de bajas concentraciones de O₂ es favorable para poder retener el ácido ascórbico, por la baja afinidad de la enzima ácido ascórbico oxidasa al O₂. Por otro lado, el efecto de CO₂ a altas concentraciones no está bien definido, ya que depende del tipo de producto, temperatura de almacenamiento y concentración de CO₂ (Kader, 1986, Weichman, 1986).

La A.C. no tiene un efecto directo sobre la incidencia de daño físico, pero algunos efectos indirectos sobre sus consecuencias son posibles. Ciertas combinaciones de A.C. inhiben o reducen al mínimo el desarrollo de manchas pardas como daños al tejido físicamente, como resultado del metabolismo fenólico (Kader, 1986).

Condiciones recomendables de Atmósferas controladas para mango.

El mango ha sido notoriamente difícil de almacenar bajo A.C., muchos trabajos reportan sólo ligeros incrementos en la vida de almacenamiento. Las variedades 'Amelie' y 'Julie' se almacenaron en A.C. a 11 y 12 °C respectivamente, encontrándose que disminuyó el ataque fúngico principalmente en la variedad 'Amelie' en una mezcla de 5% O₂ y 5-10 % CO₂, la degradación de clorofila y el amarillamiento disminuyó en presencia de 5 % de O₂ conforme se enriquecía en CO₂ (0-10%). Solo en la variedad 'Julie' se observó una reducción significativa de la

pérdida de peso; también se encontró que la baja concentración de O_2 influyó más que la elevada concentración de CO_2 en la calidad sensorial de ambas variedades. Además se concluyó que la mejor mezcla para conservar en buenas condiciones durante 4 semanas fue con 5% de O_2 y 5% de CO_2 a 11 y 12 °C para 'Amelie' y 'Julie' respectivamente (Kane, 1979).

En otro estudio se reportó para mango 'Irwin' fue almacenado en A.C. a 12 °C, bajo la composición de 5/5/90% ($CO_2/O_2/N_2$), usando un absorbente de etileno (catalizador carbón activado/óxido de vanadio) en la cámara de almacenamiento de A.C., que se conserva la firmeza del fruto mucho mejor que en refrigeración ordinaria, en donde la maduración fue rápida, logrando con esto una relación significativa con el cociente azúcar/acidez; consiguiéndose una vida de almacenamiento de un mes y por lo tanto la posibilidad de transportación a largas distancias y una mejor distribución del fruto en el mercado (Maekawa, 1990).

En otro estudio que se realizó para ver los efectos de la temperatura y CO_2 sobre síntomas de daño por frío en mango c.v. 'Kensington' se encontró que a una temperatura de 10 °C y con una concentración de 5-10% de CO_2 en la atmósfera de almacenamiento se puede reducir la incidencia del daño por frío (O'hare, 1992).

Por otro lado Peacock y Jordan (1993), trabajaron con mangos de la variedad 'Kensington', usando diferentes mezclas de gases oscilando en concentraciones de O_2 de 2-10% y de CO_2 de 0-10%. Llegaron a la conclusión de que las mejores mezclas fueron con 5 % de CO_2 y variando la concentración de O_2 de 2-5 % y una temperatura de 13 °C, en las cuales el desarrollo del color se retardaba pero el ablandamiento no, lo cual condujo a frutos suaves con un color verde al extraerlos del almacén, una situación indeseable para comercialización.

Las condiciones preferentes para mangos 'Keitt' fueron reportadas como 5% de oxígeno y 5% de bióxido de carbono y 13 °C (Jordan, 1993). En otras variedades se han utilizado 7% de CO_2 y 5% de O_2 a 7 °C (Joseph, 1993).

De lo anterior se deriva la importancia de realizar estudios para precisar las condiciones específicas de temperatura y mezclas gaseosas adecuadas para cada variedad y región productora.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

Actualmente México ocupa el segundo lugar en la producción mundial de mango; este producto tiene gran demanda en los mercados internacionales por sus características sensoriales agradables, y por consiguiente el mango mexicano representa un importante potencial económico además de que es una de las frutas tropicales mejor cotizadas.

Dentro de las diversas variedades de mango que se producen en el país, la 'Kent' es una de las más finas, su color externo atractivo, uniformidad en tamaño, buena calidad y alta resistencia al manejo y transportación, la ubica entre las variedades de alta aceptación en los mercados extranjeros.

La exportación en fresco del mango constituye un verdadero reto ya que se trata de un producto altamente perecedero y susceptible al daño por frío si se almacena a temperaturas menores de 13 °C, lo cual limita el uso de la refrigeración para transportarlo a distancias lejanas para ofrecerlo a un precio competitivo.

De aquí que es necesaria la búsqueda y adecuación de nuevas tecnologías postcosecha de conservación en fresco, tales como las Atmósferas Controladas, cuya aplicación ha tenido éxito al prolongar la vida postcosecha, y por consiguiente la disponibilidad de varios productos hortofrutícolas frescos. Sin embargo para determinar las condiciones exitosas de almacenamiento, se necesita considerar cada área de producción, ya que la causa de aparentes diferencias en las respuestas al almacenamiento de frutos, depende de su cultivo bajo diferentes condiciones ambientales (regiones de procedencia), diferentes estados de madurez y épocas de cosecha, principalmente.

En este orden de ideas es necesario realizar investigaciones cuidadosas que permitan proporcionar mejoras adicionales en el manejo para la conservación de la calidad de frutas y hortalizas.

Por otro lado, cabe destacar que el éxito en lograr un mayor periodo de conservación de la calidad y de vida útil del mango redundará en una disminución de pérdidas postcosecha, cuyo impacto final será el fortalecimiento de la capacidad competitiva del país a nivel de mercado internacional.

2.0 OBJETIVOS.

Objetivo General.

-Determinar el potencial de conservación en fresco de mango 'Kent', almacenado en refrigeración (7 y 13°C) y atmósferas controladas (AC₁=5% O₂ y 5% CO₂, AC₂= 5% O₂ y 10 % CO₂), mediante la evaluación de características fisiológicas, físicas, químicas y sensoriales.

Objetivos específicos.

-Determinar la actividad respiratoria, producción de etileno, pérdida fisiológica de peso (p.f.p.), cambios físicos y de composición química; y las características sensoriales de mango 'Kent' durante el proceso de maduración a temperatura ambiente.

-Determinar los cambios en características físicas, químicas y de p.f.p. a diferentes periodos de almacenamiento en refrigeración y A.C..

-Determinar la vida de anaquel y calidad alcanzada de mango 'Kent' almacenado a temperatura ambiente, después de los diferentes periodos de refrigeración y atmósferas controladas.

-Establecer las condiciones de almacenamiento que permitan conservar la calidad en fresco de mango 'Kent' por más tiempo.

3.0 METODOLOGÍA.

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1.1- Material experimental.

En este proyecto se trabajó con mangos de la variedad 'Kent' calidad exportación procedentes de Tecuala, Nayarit, en dicho Estado la producción para esta variedad, se inicia aproximadamente el 15 de julio y termina el 15 de agosto. Los frutos se cosecharon en estado de madurez sazón (madurez fisiológica, el cual presentó las siguientes características: color verde olivo, llenado de los hombros, 7°Brix y 1.3% de acidez titulable) y se acondicionaron en la empacadora Arivania, de Tecuala Nayarit, envasándose en cajas de 5 Kg., se transportaron en trailer refrigerado a 13 °C a las instalaciones de la U.A.M. Iztapalapa. Se seleccionaron 3 frutos para realizar un análisis inicial de características físicas y químicas para conocer las características del material biológico con las que se empezó el estudio (fig. 8).

3.1.2- Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue semifactorial, en donde se contemplaron los siguientes factores y niveles de estudio:

FACTOR	NIVELES
- Temperatura:	Ambiente (25 ± 1 °C), 13 °C, 7 °C.
- Composición atmosférica:	Normal (21 % CO ₂ , 0.03 % O ₂ y 78 % N ₂), A.C.1= 5% O ₂ y 5% CO ₂ , AC ₂ = 5% O ₂ y 10 % CO ₂

Se combinaron para obtener 5 diferentes tratamientos.

Para la muestra de estudio se seleccionaron mangos homogéneos en características de procedencia, estado de madurez y condiciones de manejo, con los cuales se evaluaron los parámetros de interés a los que se asignaron tratamientos aleatoriamente

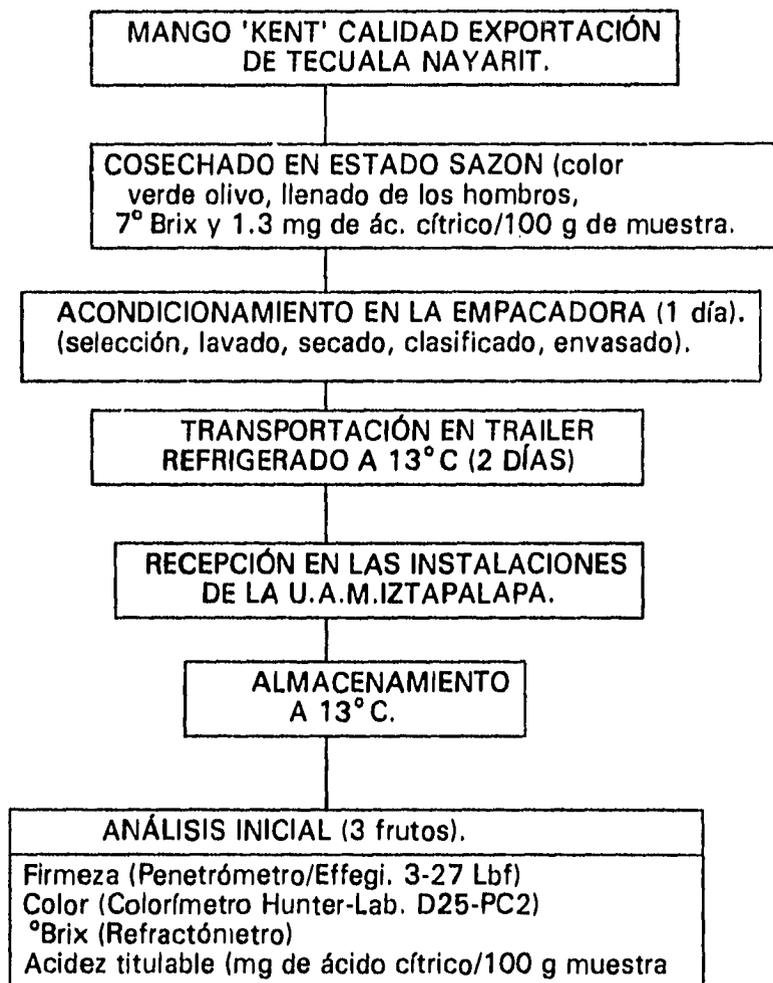


Figura 8- Pretratamiento de mango 'Kent'.

3.1.3- Diseño de tratamientos.

Se formaron 5 lotes asignando numeración aleatoria; controlando las condiciones de temperatura, humedad relativa y composición atmosférica.

Tratamiento-1 (T1).

Para este tratamiento se acondicionó una cámara de maduración manteniendo una temperatura de 25 ± 1 °C, controlándose una H.R. de 80-90%, midiendo ésta con un higrómetro que se colocó en la cámara de maduración, así como un termómetro para registrar la temperatura. Manteniendo una composición atmosférica normal.

Tratamiento-2 (T2).

Este tratamiento consistió en mantener las muestras en refrigeración a 7 °C, con una H.R. = 80-90% y una atmósfera normal. Este tratamiento sólo se estudió durante 15 días por descompostura de la cámara.

Este tratamiento fue con el fin de estudiar los posibles daños por frío de Mango 'Kent'. Desafortunadamente se descompuso la cámara de refrigeración y no se pudo terminar el estudio.

Tratamiento-3 (T3).

Se manejó como testigo de refrigeración comercial recomendado para mango 'Kent', la cual es de 13 °C. Se controló la H.R. (80-90 %), y la composición atmosférica fue la normal.

Tratamiento-4 (T4).

Este tratamiento consistió en someter a los frutos a una temperatura de 13 °C, H.R. \approx 90-95% en una composición atmosférica, de 5% O₂, 5% CO₂, balanceada con 90% de N₂ para equilibrar presiones.

Tratamiento-5 (T5).

En este caso la composición atmosférica se modificó aumentando la concentración de CO₂ a 10% para estudiar los efectos de la concentración elevada, mientras que la concentración de O₂ fue de 5%, disminuyendo obviamente la concentración de N₂. La temperatura fue de 13 °C y la H.R. se mantuvo aproximadamente en 90-95%. Se analizó durante 15 días por limitación de reactivos (mezcla de gases).

Para los tratamientos T4 y T5 se utilizaron contenedores de acrílico con una longitud de 30 cm. y un diámetro de 22 cm., los cuales cerraban herméticamente, indispensable para un sistema generador de A.C., los otros no porque se maneja una atmósfera normal (aire normal). Es importante hacer notar que los contenedores de A.C. permiten mantener una humedad relativa aproximada de 95%.

En la fig. 9 se muestra el sistema de generación de atmósferas. En primer término se encuentran los tanques de la mezcla de gases; un regulador de gases especiales para controlar la presión de los gases y el flujo de los mismos, regulándolo con una válvula. La mezcla gaseosa se hizo pasar por un humidificador (200 ml. de agua + 10 gotas de azul de metileno) para mantener la H.R. alta. A continuación se colocó un rotámetro (flujómetro) para mantener el flujo de la mezcla de los gases constante (40 lt/h), después un multiconector para manejar 2 recipientes a la vez (o más), con lo cual el flujo se redujo a la mitad. La mezcla humidificada entró por la parte inferior de los recipientes de A.C., mediante un difusor en la base se distribuye la mezcla de gases homogéneamente para todos los frutos. Por último al final del sistema se colocó una solución concentrada de KOH (40% m/v) para absorber el CO₂ desprendido por el fruto y evitar una acumulación en la cámara de refrigeración.

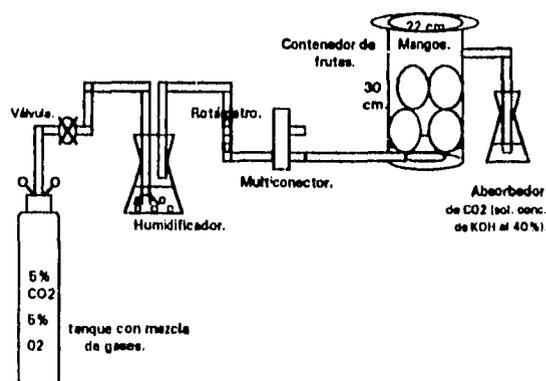


Fig. 9 Sistema generador de atmósferas controladas.

3.2 DESARROLLO EXPERIMENTAL.

Toma de muestra.

El muestreo consistió en extraer de los diferentes tratamientos, las unidades de muestreo de acuerdo a los diferentes periodos de almacenamiento mostrados en la tabla 7.

Tabla 7.
Periodos y unidades de muestreo para cada tratamiento.

TRATAMIENTOS.					
dia.	T1	T2	T3	T4	T5
0	*				
1	*	*	*	*	*
2	*				
3	*		*		
4	*				
5	*	*	*	*	*
6	*				
7	*		*		
8	*				
9	*				
10	**	***	***	***	***
12	*				
15		***	***	***	***
21			***	***	
25			***	***	

* Un tamaño de muestra de 3 frutos.

Los análisis fisiológicos: actividad respiratoria y producción de etileno se realizaron durante periodos de maduración a temperatura ambiente (fig. 10)

En el tratamiento T1 se extrajo una unidad de muestreo (3 frutos) diariamente, para análisis físico y químico. A partir del día 10 de almacenamiento en los tratamientos T2 a T5 se extrajeron 3 unidades de muestreo que se utilizaron de la siguiente manera: la primera para análisis físico y químico y, la segunda y tercera se colocaron en la cámara de maduración hasta alcanzar la madurez comestible. En este momento la segunda unidad se utilizó para el análisis físico y químico, y la otra se destinó al análisis sensorial (fig.10).

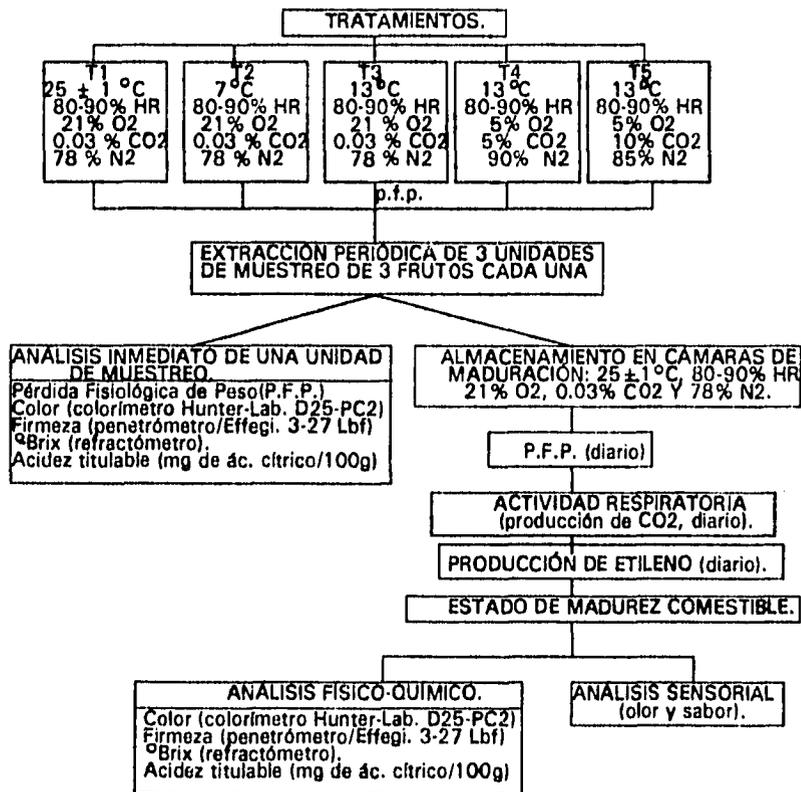


Figura 10. Almacenamiento y postalmacenamiento de mango 'Kent'.

2.5 VARIABLES DE RESPUESTA FISIOLÓGICA, FÍSICA Y QUÍMICA.

PARÁMETROS DE CALIDAD.

Las variables de respuesta que se contemplaron fueron los siguientes:

FISIOLÓGICAS: Pérdida fisiológica de peso (p.f.p.), actividad respiratoria y producción de etileno.

FÍSICAS: Firmeza y medición de color

QUÍMICAS: Sólidos solubles totales (s.s.t.) y acidez titulable (% de acidez titulable).

Pérdida fisiológica de peso (p.f.p.).

La pérdida de peso representa una disminución en el peso comercial.

La p.f.p. se evaluó en base a los cambios diarios de peso de los frutos, utilizando para su cálculo la siguiente ecuación:

$$\frac{p_i - p_f}{p_i} \times 100 = p.f.p. \quad \begin{array}{l} p_i = \text{peso inicial} \\ p_f = \text{peso final} \end{array}$$

Esta determinación se realizó de 2 formas:

a) En el caso de los tratamientos T1, T2 y T3 se utilizaron 3 unidades de muestreo de 3 frutos cada uno, colocando cada unidad de muestreo en una bolsa de malla, registrando el peso a diario;

b) para los tratamientos T4 y T5, la prueba se realizó solo los días de extracción, de acuerdo a los diferentes periodos de muestreo, realizando la determinación con las unidades de muestreo de extracción, esto por la limitación de muestras y para no abrir continuamente los contenedores de A.C.

Actividad respiratoria.

La actividad respiratoria es un indicador de la vida potencial de un producto (velocidad con que se llevan a cabo los cambios de maduración y senescencia).

Se determinó mediante respirómetro, midiendo la producción de CO₂ de la siguiente manera:

- a) Determinación diaria del peso de 7 frutos.
- b) se colocaron en el respirómetro (figura 11, Bósquez, 1993), cerrar, conectar la bomba, y se hizo pasar un flujo de aire humidificado registrando el flujo con el flujómetro (velocidad aprox de 20L/h),
- c) dejando el flujo una hora, después de la cual se recolectó una muestra de aire en un bulbo especial,
- f) se etiquetó el bulbo y se ajustó la presión.
- g) Se utilizó un cromatógrafo de gases específico para CO₂, marca Gow Mac serie 550,

detector de conductividad térmica, columna de gases permanentes; manejando la temperatura de 50°C para el inyector y detector, mientras que para la columna a temperatura ambiente. Se inyectó una serie de muestras al cromatógrafo hasta que se presentaran resultados consistentes (3 inyecciones de 200 µl cada una)

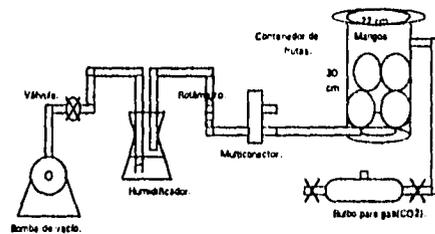


Fig. 11 RESPIRÓMETRO.

Cálculo.

En estudios postcosecha las tasas respiratorias usualmente se expresan en ml CO₂/Kg-h o mg CO₂/Kg-h.

El cálculo de la producción de mg CO₂/Kg-h se realizó de la siguiente manera:

a) ejemplo del cálculo de % CO₂

$$\% \text{CO}_2 = \frac{AN_2 + AO_2 - x \cdot ACO_2}{\text{Aaire}} \times \frac{\%N_2}{C}$$

AN₂ = Área bajo la curva del pico de N₂.

AO₂ = Área bajo la curva del pico de O₂.

Aaire = Área bajo la curva del pico del aire.

ACO₂ = Área bajo la curva del pico de CO₂.

C = constante = 1.1238

AN₂ = 1047050

Aaire = 4317909

%N₂ = 78 %

AO₂ = 267650

ACO₂ = 4759.5

$$\% \text{CO}_2 = 0.974 \% \text{CO}_2$$

$$\text{ml CO}_2/\text{Kg-h} = \% \text{CO}_2 * \{ 1/100 * V_{\text{flujio}} * 1/W \}$$

1/100= para convertir de % a decimal.

V_{flujo} = velocidad de flujo = 22600 ml/h

W= Peso de la muestra fresca en Kg= 3 Kg.

Tiempo= 1 hora.

ml CO₂/Kg-h = 73.252

Para convertir ml CO₂ a mg CO₂ hay que multiplicar por el factor apropiado para la temperatura usada, el cual para una temperatura de 25 °C es igual a 1.81 (densidad en mg/ml).

Por lo tanto:

mg CO₂/Kg-h = 73.252 x 1.8 = 131.85 mg CO₂/Kg-h

Producción de etileno.

El etileno controla y acelera el proceso de maduración y los cambios asociados con ella por lo que es importante detectar en qué momento se produce.

Determinación de producción de etileno.

- a) Se prepararon recipientes aproximadamente de 3 litros para guardar herméticamente las muestras de mango; a la tapa de los recipientes se les acondicionó un septum para posteriormente poder tomar la muestra de gas y en la rosca del recipiente se colocó cinta de teflon, para evitar fugas (fig. 12).
- b) Se pesaron 3 mangos y se colocaron en uno de los recipientes, cerrando herméticamente el frasco dejándolos 3 horas aproximadamente
- c) Cuando se cumplieron las 3 horas de los mangos en el frasco, se tomaron muestras gaseosas de la atmósfera circundante de los frutos en el recipiente y se inyectaron al cromatógrafo, haciéndolo por triplicado.

Esta metodología se basó en la propuesta por Salveit (1987).

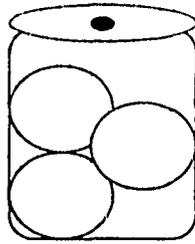


Fig. 12 Recipiente acondicionado para la prueba de etileno.

Se utilizó un cromatógrafo de gases Varian 3700, columna con soporte porapak-N, utilizando un detector de ionización de flama con sensibilidad de 10^{-12} ; las temperaturas de trabajo fueron de 160 °C en la columna y de 170 °C en el inyector y detector.

Cálculo.

El cálculo de la producción de etileno (ppm/Kg-h) se realizó de la siguiente manera:

a) Se inyectaron una serie de 10 muestras de estándar (2mL cada una) durante cada periodo de análisis diario (aproximadamente durante 5 horas). De las cuales se promediaron las áreas bajo la curva y tiempo de retención (t.r.) de los picos de etileno; esto con el fin de conocer las condiciones en que se encontraba el equipo cada día de trabajo y para poder calcular la concentración de etileno de la muestra de mango 'Kent'.

b) Se calculo un factor de respuesta (F.R.) para el estándar:

$$F.R.(st) = \frac{A_{bc}(st)}{ppm(st)}$$

F.R.(st)= Factor de respuesta del estándar.

$A_{bc}(st)$ = Media del área bajo la curva del estándar.

$ppm(st)$ = Partes por millon del gas estándar de etileno inyectado (10 ppm).

Con el F.R. se calcula la concentración de etileno como sigue:

$$C = \frac{A_{bc}(m)}{F.R.(st)}$$

$A_{bc}(m)$ = Media del área bajo la curva de la muestra problema.

C= concentración de etileno de la muestra en ppm.

Considerando el peso de las muestras analizadas en Kg (3 mangos) y el tiempo en que se hizo el análisis (2-4 horas), se calcula la concentración en ppm/kg-h

Ejemplo para el dato de la máxima producción de etileno para el testigo a temperatura ambiente:

$$F.R.(st) = \frac{34517.5}{10 \text{ ppm}} = 3451.75 \text{ ppm}^{-1} \quad t.r.(st) = 0.43-0.47$$

$$C = \frac{2250.5}{3451.75 \text{ ppm}^{-1}} = 0.652 \text{ ppm} \quad t.r.(m) = 0.4-0.41$$

Peso de los tres mangos para este análisis = 1207.51 g = 1.20751 Kg y un tiempo de 2 h

$$C = \frac{0.652 \text{ ppm}}{(1.2075 \text{ kg})(2 \text{ h})} = 0.272 \text{ ppm/Kg-h}$$

Firmeza.

El término textura se refiere a la sensación global que un alimento provoca en la boca del consumidor. La firmeza es parte de la textura e indica penetrabilidad y es un prototipo de la textura, para un gran número de alimentos, principalmente frutos y vegetales (Salms, 1987; Wills, 1984)

El ablandamiento de un fruto puede valorarse subjetivamente, mediante la presión ejercida con el dedo pulgar, pero también objetivamente, mediante un penetrómetro, el cual determina la resistencia a la penetración de un émbolo de dimensiones determinadas (Wills, 1984).

Esta variable se determinó como la resistencia del tejido a la penetración de un émbolo de 5/16 de pulgada. Se utilizó un penetrómetro Effegi 28 Lb/Ft 3-27 Lbf McCormick (fig 13) y la determinación se realizó en base a la N.O.M.-FF14. 1982.

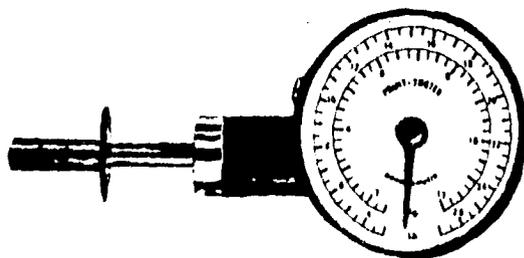


Fig. 13 Penetrómetro para frutas, mod 327 (3-27 Lbs.)

Ejemplo para el dato de la máxima producción de etileno para el testigo a temperatura ambiente:

$$F.R.(st) = \frac{34517.5}{10 \text{ ppm}} = 3451.75 \text{ ppm}^{-1} \quad t.r.(st) = 0.43-0.47$$

$$C = \frac{2250.5}{3451.75 \text{ ppm}^{-1}} = 0.652 \text{ ppm} \quad t.r.(m) = 0.4-0.41$$

Peso de los tres mangos para este análisis = 1207.51 g = 1.20751 Kg y un tiempo de 2 h

$$C = \frac{0.652 \text{ ppm}}{(1.2075 \text{ kg})(2 \text{ h})} = 0.272 \text{ ppm/Kg-h}$$

Firmeza.

El término textura se refiere a la sensación global que un alimento provoca en la boca del consumidor. La firmeza es parte de la textura e indica penetrabilidad y es un prototipo de la textura. para un gran número de alimentos, principalmente frutos y vegetales (Salms, 1987; Wills, 1984)

El ablandamiento de un fruto puede valorarse subjetivamente, mediante la presión ejercida con el dedo pulgar, pero también objetivamente, mediante un penetrómetro, el cual determina la resistencia a la penetración de un émbolo de dimensiones determinadas (Wills, 1984).

Esta variable se determinó como la resistencia del tejido a la penetración de un émbolo de 5/16 de pulgada. Se utilizó un penetrómetro Effegi 28 Lb/ft 3-27 Lbf McCornick (fig 13) y la determinación se realizó en base a la N.O.M.-FF14.1982.

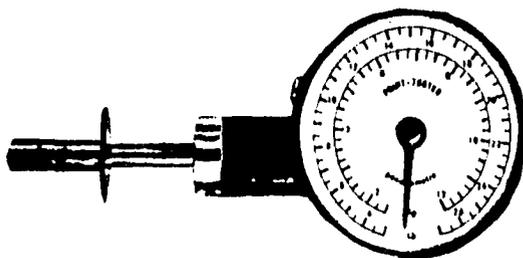


Fig 13 Penetrómetro para frutas, mod 327 (3-27 Lbs.)

Técnica de determinación de Firmeza

- 1) Se cortaron áreas circulares en ambos hombros dorsales del mango, áreas de cáscara ligeramente mayores que el área del émbolo.
- 2 Se tomó firmemente el fruto con la mano izquierda y se apoyó sobre una mesa (fig. 14).
- 3) Con la mano derecha se tomó el penetrómetro y se pulsó el botón de mando.
- 4) Se colocó el émbolo sobre la superficie del fruto pelado y se presionó firmemente, aumentando la fuerza hasta que el émbolo penetró a la pulpa del fruto hasta la muesca.
- 5) La lectura del penetrómetro se registró y se hizo lo mismo por el otro lado.



Fig. 14. Determinación de la firmeza del mango.

Color.

El color en alimentos es de interés para el control o aseguramiento de la calidad, también es usado como un criterio de madurez de recolección o transportación de frutos y vegetales. además el color es un indicativo de la uniformidad del producto y ciertos colores se asocian con cualidades deseables e indeseables (King, 1980; Joslyn, 1970).

Los medidores de color electrónicos han sido desarrollados con una fuente de luz estandarizada, que elimina el factor de error humano y da una lectura reproducible definitiva.

Colorímetro Hunter-Lab

El colorímetro fotoeléctrico Hunter-Lab tiene como principio exponer a la muestra a diferentes longitudes de onda de iluminación controlada y se puede medir:

1) **Luminosidad (Lightness o Value)**. Es la proporción aparente de luz incidente reflejada o transmitida por el objeto, en una escala de blanco o incoloro (prácticamente toda la energía radiante en el espectro visible es reflejada), gris (luz parcialmente absorbida) y negro (absorción prácticamente completa).

2) **Matiz (Hue)**. Es el atributo por el cual un objeto es identificado como rojo, amarillo, verde, etc.

Es más exacto referirse físicamente como λ dominante, así por ejemplo si unas longitudes de onda cortas de 400-500 nm son reflejadas en mayor amplitud que otras λ , el color es descrito como azul (figura 15).

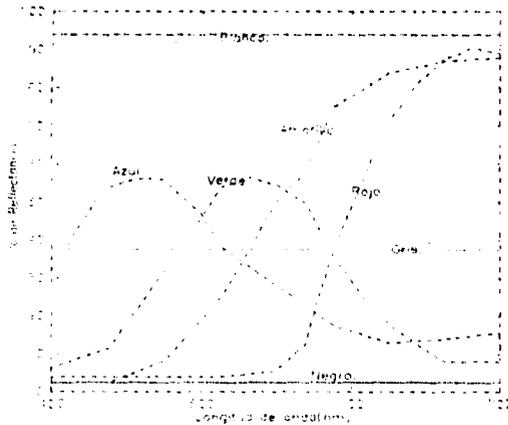


Fig. 15. Curvas espectrofotométricas de varios colores

3) **Saturación o croma (saturation o chroma)**. Es la cantidad de luz reflejada en una longitud de onda dada. Es un término físico llamado pureza y en términos psicológicos se le ha referido como intensidad, o croma.

Es la proporción del contenido cromático en la percepción total. Es usado para especificar la posición del color entre gris y el matiz (Hue) puro (Kramer, 1981; Little, 1976).

El Chroma: C (índice de saturación) es calculado como $C = (a^2 + b^2)^{1/2}$ y representa la hipotenusa de un triángulo rectángulo creado por la unión de los puntos: $(0, 0)$, (a, b) y $(a, 0)$, la longitud de ésta, indicará la intensidad del color en valores de 0 a 60, siendo el primer valor un color gris y 60 la máxima intensidad del color (pureza del color). El ángulo hue (h°) se define como el ángulo entre la hipotenusa y 0° sobre el eje de a (verde/rojo morado); h° es calculado del arco tangente de b/a (McGuire, 1992; Little, 1976).

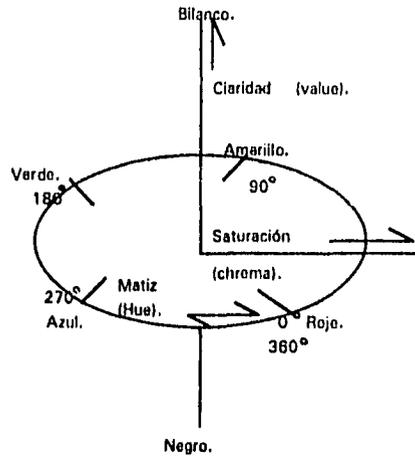


Fig 17 Sistema de coordenadas tridimensionales del color.

De esta forma una muestra podrá ser definida por el color predominante (Hue) y la intensidad del mismo (Chroma).

En resumen el sistema Hunter sirve para identificar el color de un producto por el uso de fotoceldas provistas de filtros que miden de manera independiente la contribución de rojo o verde (llamado valor 'a'), de amarillo o azul (llamado valor 'b'), así como el reflejo o luminosidad (llamado valor 'L').

El análisis de color en pulpa se realizó por el método colorimétrico de medición de la diferencia de color (Hunter-Lab), lo cual no pudo realizarse para el exocarpo (cáscara) ya que el desarrollo de color en sitios distintos del fruto es diferente, por lo tanto no es posible usarlo como índice de madurez (Gómez et al, 1977), por lo cual se procedió a determinarlo en forma subjetiva, calculando el porcentaje de color verde, rojo y amarillo, característicos de la variedad 'Kent'.

Técnica de determinación cuantitativa del color.

- 1) Se hizo un corte longitudinal sobre la parte ventral del mango .
- 2) Se colocó una caja Petri por la parte central de la pulpa y se cortó en forma circular con todo y cascara.
- 3) La pulpa y cáscara se separaron.
- 4) Las muestras prepararon en cajas de Petri.
- 5) El colorímetro Hunter Lab se calibro con los estándares negro y blanco.
- 6) La muestra se colocó en el haz de luz , cubriendo con el capuchon, para evitar interferencias externas.

- 7) Se Leyeron e imprimieron los parámetros de color. Se giro la muestra y se volvió a leer.

Se utilizó un colorímetro Hunter-Lab modelo D25-PC2, con computadora personal Epson, sensor óptico D25A, iluminación a 45° y el diámetro para el área de la muestra de 5.1 cm.

Sólidos solubles totales (s.s.t.).

Como los azúcares son los componentes mayoritarios, resulta útil determinar los s.s.t. en el jugo extraído con la ayuda de un refractómetro manual Baush and Lomb, con una escala de 0-30 °Brix, de acuerdo a la técnica del A.O.A.C. 932.12 (1990).

Acidez titulable (% de ácido cítrico).

Es una medida de todos los ácidos orgánicos libres presentes en la fruta. Se cuantificó neutralizando el jugo de mango 'Kent' (1 ml. + 15 ml de agua destilada), con una base fuerte (NaOH 0.1 N), usando fenolftaleína al 1.0% como indicador. El pH aumenta durante la neutralización, hasta llegar a un pH final de 8.5 donde se produce el vire del indicador de incoloro a rosado. Esta determinación se baso en la técnica del A.O.A.C. - 942.15 (1990).

El cálculo se expresó como miligramos de ácido cítrico por 100g. de fruto, usando los miliequivalentes(meq.) de ácido cítrico= 0.070 (ácido predominante en mango).

EVALUACIÓN SENSORIAL.

La evaluación sensorial es una disciplina científica que permite analizar, describir y hacer estimaciones de la magnitud de las características de alimentos y otros materiales tal y como son percibidos por los sentidos, así como interpretar las reacciones a esas características. Comprende tanto la medición, como la cuantificación de esas características de un producto (aparición, olor, gusto, textura, sonido).

Un análisis sensorial determina el grado de la aceptabilidad de un producto por el consumidor, dado que finalmente éste lo rechazará si no reúne los atributos sensoriales deseados, por otro lado, en la industria alimentaria hay ingredientes que ni el equipo más complicado puede detectar, y sólo los sentidos humanos pueden ser capaces de realizarlo; de ahí la importancia de esta disciplina científica.

La selección de un método para una prueba sensorial depende principalmente de los objetivos del estudio del problema. La tarea específica en el presente estudio fue el de evaluar la detección de diferencias en olor y sabor en el fruto del mango 'Kent' generados por las diferentes condiciones y periodos de almacenamiento.

Para grandes diferencias representativas, los métodos tradicionales de gradiente (pruebas de ordenación, de intervalos, de estimación por magnitud o proporción) pueden ser utilizados para determinar el grado de diferencia; pero para pequeñas diferencias, la falta de jueces hábiles, puede crear resultados erróneos. En este caso una alternativa es el uso de la medición de detección de señales, esto es una prueba de diferencia que origina una medición directa del grado de diferencia; en otras palabras, este tipo de pruebas no sólo indica la diferencia entre muestras (por ejemplo un olor o sabor más o menos intenso), sino que expresa numéricamente que tanto difiere una muestra de otra, reportándose como un porcentaje de diferencia.

Por simplicidad, la diferencia sensorial se determinó por ordenamiento (Ranking) Los valores del ordenamiento pueden ser usados para calcular grados de diferencia en términos de un Índice-R, que es una medición del grado de diferencia que se puede aplicar a muestras alimenticias; es la probabilidad de que el juez pueda distinguir entre dos estímulos dados (diferentes alimentos) cuando se le presentan, usando una medida sensorial específica (olores y sabores extraños, olores rancios, etc.) (O'Mahony et al, 1983; O'Mahony, 1979; Brown, 1974)

La principal ventaja del Índice-R es su predominio en pruebas de diferencia múltiple, donde varios productos son comparados para determinar el grado de diferencia entre ellos, o entre ellos y un estándar dado. El Índice-R proporciona un enfoque útil, elemental y económico, para pruebas de diferencia múltiple, susceptible a un análisis estadístico paramétrico (O'Mahony, 1983).

Si dos alimentos dados son difíciles de distinguir, la probabilidad de que el juez pueda detectar la diferencia será baja, si son más fáciles de distinguir esta probabilidad será alta. Una probabilidad de Índice R de 50% nos indica que dos alimentos no pueden ser diferenciados; ya que hay la misma probabilidad de tener un juicio correcto por casualidad. Por otro lado un Índice-R de 100% indica perfecta diferencia, mientras que valores intermedios señalan una diferencia menor. (O'Mahony, 1979; O'Mahony et al, 1983).

El número de muestras que deben ser ordenadas durante los diferentes ensayos, depende del tipo de trabajo y el manejo que se les va a dar. Para ordenamiento visual, se pueden usar muchas muestras, mientras que para juicios del gusto y aroma, 3, 4, ó 5 muestras son posibles; esto depende, principalmente de la habilidad del juez para recordar con precisión los sabores de las muestras presentadas, y del procedimiento manejado para evitar la fatiga debido a efectos de adaptación.

PROCEDIMIENTO.

Mangos.

Para cada análisis se utilizó una unidad de muestreo consistente en 3 mangos representativos de cada uno de los tratamientos estudiados una vez que alcanzaron la madurez comestible se eliminaron aquellos frutos que estuvieran dañados y como estándar se utilizaron muestras de mango 'Kent' calidad comercial sin ningún tratamiento.

Jueces.

Participaron 4 jueces previamente entrenados en olores y sabores propios del mango.

Las características que se evaluaron del mango 'Kent' fueron la detección de olores y sabores extraños en mango fresco.

Metodología sensorial.

Se realizaron pruebas por separado para evaluar diferencias de las dos dimensiones sensoriales entre los diferentes tratamientos. Es decir primero olor y luego sabor para no influir en cada uno de ellos.

Preparación de las muestras.

Se hicieron dos cortes transversales de la parte ventral del mango. A cada una de las secciones del fruto se le hizo un corte radial, de la periferia hacia el centro de 8 porciones; en total se tuvieron 16 porciones de cada fruto. El corte radial se llevó a cabo con el fin de tener una muestra representativa del fruto, es decir, tener pulpa partiendo del hueso hacia la cáscara.

Presentación de las muestras.

Debido a que el éxito o fracaso de una evaluación se debe a esta etapa, se consideró lo siguiente.

- Se mantuvo una uniformidad en la presentación, esto es la cantidad servida, forma, apariencia, temperatura, recipientes y utensilios para la toma de muestra.

- La cantidad presentada fue la suficiente para poder percibir sus características (30 g aproximadamente).

- Se cuidó el orden de presentación de las series (una serie consistió de los tratamientos existentes y el estándar, en cada periodo de tiempo). En cada serie se cuidó que hubiera al menos una porción del estándar (sin indicarlo, ya que fueron jueces entrenados) y una porción de cada tratamiento analizado.

- En cada análisis (detección de olores y sabores extraños) se cuidó que hubieran 3 respuestas para cada tipo de mango (tratamiento o estándar). Para esto cada análisis contó con 4 series de 4 y en algunos casos de 5 muestras, cuidando que siempre se compararan todos los tratamientos con el estándar y que no se repitiera el orden de presentación entre series. Primero se procedió a hacer el análisis de olor y después de un descanso el de sabor.

Para asegurar que las muestras se evaluaran de manera constante, se indicó al juez que los probara siempre en un mismo orden (de izquierda a derecha)

-Los utensilios para el análisis de las muestras fueron vasitos desechables de plástico de 6 cm. de diámetro y 5 cm. de altura, codificadas aleatoriamente en la parte lateral superior, en el caso de sabor se utilizaron cucharitas de plástico desechables. Todo el material se manejó de una manera uniforme y de característica inertes (sin olores y sabores extraños).

-Se utilizó agua potable como enjuague bucal para eliminar materia residual después de cada degustación (sabor)

Área física de la prueba.

La evaluación se llevó a cabo en el laboratorio de análisis sensorial de la Universidad Nacional Autónoma Metropolitana de Iztapalapa, que cuenta con las áreas de discusión, de preparación y de evaluación; las cuales se encuentran independientes una de otra.

El área de evaluación cuenta con cubículos de acceso individual al área de preparación y servido, con compuertas para el cambio de muestras; existe un interruptor que apaga o enciende un foco, como un sistema de comunicación entre el juez y el conductor del análisis.

La temperatura de trabajo fue la ambiental y la iluminación semejante a la luz del día.

Hoja de respuestas.

La hoja de respuesta que utilizó cada juez fue la siguiente. En la cual se muestra la aleatorización de las muestras y las respuestas de un juez.

Fecha 26/VII-74

Análisis de olor.

Nombre del Juez: JULIE

Se te presentan a continuación 4 series de muestras de Mango, para que la evalúes por su olor.

En cada serie ordena del 1 al 5 de acuerdo a su similitud con el estándar (1 ⇒ mayor similitud al estándar) e indica que olor extraño o diferente se presenta en las muestras.

Evalúa cada serie en el orden indicado y las muestras de izquierda a derecha. No se permiten empates.

Ordenamiento:

(T5) ^a 318	(T2) 526	(T4) 570	(T3) 630	ST ^b 733	olor extraño.
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	Más fermentado al 5
(T2) 758	(T4) 654	ST 895	(T5) 941	(T3) 042	
<u>1</u>	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>2</u>	_____
(T4) 236	ST 327	(T3) 584	(T2) 817	(T5) 724	
<u>3</u>	<u>1</u>	<u>4</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	Más ácido
ST 247	(T3) 359	(T5) 942	(T4) 626	(T2) 918	
<u>1</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>2</u>	Más ácido, 3,4, y 5

Gracias por participar.

^aNo se indicaban en la hoja(diferentes tratamientos). ^b Muestra de estándar.

Cálculo del Índice-R.

Al juez se le presentaron 4 muestras de las cuales S₁, S₂, y S₃ fueron las muestras a estudiar y N es un estándar; se le pidió ordenarlas por diferencia o similitud al estándar. El primer lugar se dió para la muestra que fuera más similar al estándar y en quinto lugar para la más diferente al estándar (Máximo de sabores u olores extraños). Las muestras (4 ó más) se presentaron en orden aleatorio y se ordenaron en conformidad (que tan semejante es con el estándar). Entonces se originaron repeticiones, refiriéndose estas a la asignación de ordenamientos repetidos, como se muestra en el ejemplo del cuestionario de la página anterior, en el cual a la muestra T2 se le dan los ordenamientos de una vez primer lugar y 3 veces el segundo lugar. Con estos datos se contruye una matriz respuesta en la que se indica el número de ocasiones en que a una muestra se le da un orden en particular.

Respuesta del ordenamiento de jueces.

	1	2	3	4	5	
N	e	f	g	h	i	total nN= e+f+g+h+i
S ₁	a1	a2	a3	a4	a5	total nS ₁ = a1+a2+a3+a4+a5
S ₂	b1	b2	b3	b4	b5	total nS ₂ = b1+b2+b3+b4+b5
S ₃	c1	c2	c3	c4	c5	total nS ₃ = c1+c2+c3+c4+c5
S ₄	d1	d2	d3	d4	d5	total nS ₄ = d1+d2+d3+d4+d5

e, f, g, y h son los ordenamientos (numéricos) que recibe el estándar, a1-d5 ordenamientos que reciben las muestras a estudiar; tanto los primeros como los segundos pueden repetir valores de 1 a 5 (dependiendo del número de muestras).

n= número total de respuestas.

El Índice-R (I.R.), se calcula, con respecto al estándar de la siguiente manera:

Para S₁

P(S₁) o I.R. de S₁ =

$$= \frac{e(a2+a3+a4+a5) + f(a3+a4+a5) + g(a4+a5) + 1/2 (eXa1 + fXa2 + fXa3 + gXa4) + iXa5}{(nN)(nS_1)} \times 100$$

P(S₁)= probabilidad de distinguir la muestra-1 del estándar.

nN = número de respuestas asignadas al estándar.

nS = número de respuestas asignadas a la muestra problema.

Ejemplo del I.R. para las respuestas del cuestionario anterior:

Respuesta del ordenamiento de jueces.

	1	2	3	4	5	
ST	2	0	2	0	0	nST=4
T2	1	3	0	0	0	nT2=4
T3	0	1	0	3	0	nT3=4
T4	0	0	1	0	3	nT4=4
T5	1	0	1	1	1	nT5=4

nST= número de respuestas totales del estándar.

$$I.R. T_2 = \frac{2(3+0+0+0) + 0(0+0+0) + 2(0+0) + 1/2 (2 \times 1 + 0 \times 3 + 2 \times 0 + 0 \times 0 + 0 \times 0)}{4 \times 4} \times 100$$

$$I.R. T_2 = \frac{6 + 1/2(2)}{16} \times 100 = \frac{7}{16} \times 100 = 43.75 \%$$

Este valor, como está cerca de 50 nos indica que hay poca probabilidad de distinguir la muestra T2 (43.75% de 100 muestras pareadas) del estándar (ST = 56.25%); además nos indica que la muestra T2 tiene menos olor que el estándar.

Análisis estadístico.

Para la interpretación de los resultados se utilizó la técnica estadística de análisis de varianza (Anova), la cual se basa en la distribución de probabilidad F, con un nivel de significancia (α) igual a 0.05%, permitiendo estudiar la diferencia significativa en los diferentes niveles de estudio (temperatura, periodo de almacenamiento y composición atmosférica); considerando como variables de respuesta parámetros fisiológicos, físicos, químicos y sensoriales.

Se realizó un anova por una vía (en base a un sólo criterio), ya que el interés fue el de explicar la diferencia entre una variable de estudio en los diferentes tratamientos a diferentes periodos de almacenamiento.

Paralelamente al anova se realizaron pruebas de comparación múltiple de Tukey a un $\alpha=0.05$ %, para determinar las diferencia significativa (al determinar con el anova, que si hay diferencias, se tuvo que analizar cuales medias eran iguales y cuales diferentes) entre las medias de las variables de respuesta y poderlas considerar diferentes entre si.

Se uso la prueba de Tukey debido a que es más estricta (juiciosa) que la mayoría, es decir que tiene un error tipo 1 menor (rechazar la hipótesis nula cuando ésta es verdadera) y más exigente ya que controla el error experimental (material biológico, técnica de análisis, error humano, etc.), es decir que éste no es mayor al nivel de significancia, por lo que si el anova nos indica que no hay diferencia significativa, Tukey no indica diferencia alguna, mientras que otros métodos nos indicarían que si hay diferencias (no controlan error experimental) (Montgomery, 1991; Dougherty, 1990)..

Para los análisis estadísticos se utilizó un paquete estadístico llamado S.A.S.(Statistics Analysis System).

4.0-RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Temperatura ambiente.

4.1 Cambios determinados durante la maduración de mango 'Kent' a T=25 ±1 °C y 80-90% HR.

Actividad respiratoria y producción de etileno.

Durante la maduración a temperatura ambiente el mango 'Kent' presentó un patrón respiratorio climatérico típico alcanzando el máximo climatérico a los 8-9 días después de la cosecha con un valor de 146-148 mg. CO₂/Kg-h (figura 18). Lo cual coincide con estudios realizados por Mitcham en la variedad 'Tommy Atkins' (1992); Lakshminarayana (1975 y 1977); y Burg y Burg (1962) en la variedad 'Kent'.

La producción de etileno se detectó a partir del cuarto día posterior a la cosecha, alcanzando un máximo al quinto día con un valor de 0.272 ppm/Kg-h (figura 18).

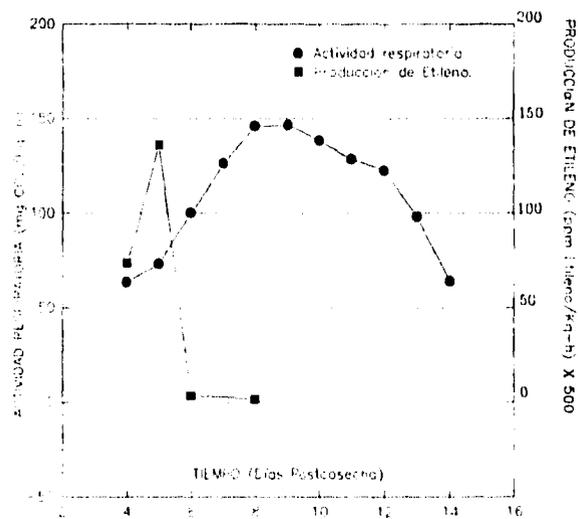


Figura 18. Relación del máximo climatérico y la elevación de la producción de etileno de mango 'Kent' a temperatura ambiente (25 °C y 80-90% HR).

Burg y Burg (1962) reportaron que la elevación del etileno se presentó en forma paralela y antes de la máxima producción de CO₂ en mangos maduros de la variedad 'Haden' y 'Kent' respectivamente; mientras que Biale y Young (1981) reportaron, la elevación de etileno en la variedad 'Haden' después del máximo climaterio. Mas recientemente McCollum (1993), reportó en la variedad 'Keitt', la elevación de etileno después de la máxima producción de CO₂.

Los resultados indican que en mango 'Kent' el comportamiento en la producción de etileno es como la que encontraron Burg y Burg. Lo anterior revela que el patrón postcosecha en la producción de etileno en mango dependerá de la variedad y que se puede presentar antes, paralela o posterior a la elevación climaterica.

Parámetros de calidad.

La madurez comestible se alcanzó a los 10 días, con las características mostradas en la tabla 8.

Tabla 8.

Parámetros de calidad de mango 'Kent' en madurez fisiológica y comestible.

Parámetro.	Madurez fisiológica (día 0).		Madurez comestible (día 10).	
	Media	D.S.	Media	D.S.
SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°Brix).	7.97	±0.2082	17.33	±0.64
ACIDEZ TITULABLE (mg. de ácido cítrico/100 g).	0.864	±0.39	0.260	±0.06
FIRMEZA (Lbf).	>28.00	0.0	2.67	±0.29
COLOR DE PULPA (CIE-L).	75.92	±2.41	59.90	±5.39
COLOR DE PULPA (CIE-a).	3.93	±3.2	14.13	±5.91
COLOR DE PULPA (CIE-b).	41.23	±1.41	36.85	±2.59
% de color verde en cáscara	56.67	±5.77	16.67	±2.89
% de color rojo en cáscara	43.33	±5.77	21.67	±7.64
% de color amarillo en cáscara	0.0	0.0	61.67	±5.77
P.F.P. (% de peso).	---		5.78	0.46

D.S. = Desviación estándar.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por otros investigadores en la misma variedad (Lakshminarayana, 1975; Gómez et al., 1977; Nagy, 1980).

4.2 Refrigeración y Atmosferas Controladas(A.C.).

Parámetros de calidad (acidez titulable, sólidos solubles totales, firmeza y pérdida fisiológica de peso).

En la tabla 9 se presentan los resultados del comportamiento de los parámetros de calidad observados durante el almacenamiento en los diferentes tratamientos. Es bastante claro el efecto de las tecnologías de conservación sobre los cambios físicos y químicos, los cuales cambian bastante rápido a temperatura ambiente, este comportamiento fue altamente significativo en todos los periodos de almacenamiento mayores a un día con los diferentes tratamientos de refrigeración y A.C. Con respecto al tiempo, fue claramente evidente el efecto de la refrigeración y de las A.C. en retardar los cambios asociados con la maduración, lográndose prolongar la vida útil y calidad de los mangos hasta por 25 días en almacenamiento.

Como puede observarse, a excepción de la firmeza y la pérdida fisiológica de peso, en el resto de los parámetros no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos a los diferentes periodos de almacenamiento evaluados.

En el caso de la firmeza, los mangos almacenados en las A.C. presentaron valores más altos que en refrigeración y también fueron los que exhibieron menos pérdida fisiológica de peso (figuras 19 y 20)

El tratamiento de refrigeración a 7 °C en general presentó un retraso notable en los parámetros de calidad, sobresaliendo valores de acidez titulable altos, al menos hasta los 15 días en que funcionó la cámara. Resultados de acidez para la variedad 'Kensington' reportados por O'Hare (1993), similares a los obtenidos en éste estudio se reportaron como daño por frío, sin embargo en el presente trabajo no se pudo trabajar por periodos mayores, debido a la descompostura de la cámara.

Por lo que respecta a la temperatura de 13 °C los resultados coinciden con los reportados por O'Hare (1993) y Jordan (1993) en la variedad 'Kensington'; Seymour (1990) y Saucedo et al (1977) en la variedad 'Kent'.

La p.f.p. que se produjo en mango 'Keitt'(Fornaris, 1990) a 13°C fue mayor (3.77% durante 4 semanas), a la presentada por mango 'Kent' de este estudio, la cual coincide con los valores reportados por Saucedo et al en la variedad 'Kent' (1977).

Respecto a A.C., resultados de firmeza no publicados en la variedad 'Kensington', Jordan et al (1993) encontraron que se retardan a 13 °C y en una mezcla de 2-5% O₂ y 10% CO₂.

Tabla 9.
Calidad de mango 'Ken' durante el almacenamiento.

PARÁMETRO	TRATAMIENTO	PERIODO DE ALMACENAMIENTO (días)					
		1	5	10	15	21	25
ACIDEZ [†] TITULABLE (mg. de ácido citríco/100g de pulpa.)	T1= Tamb.(25±1°C)	0.53a	0.60a	0.26b	---	---	---
	T2= 7°C	0.47a	0.66a	0.62a	0.58a	---	---
	T3= 13°C	0.51a	0.60a	0.58a	0.53a	0.36a	0.45a
	T4= 13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	0.62a	0.49a	0.47ab	0.43a	0.47a	0.51a
	T5= 13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	0.51a	0.60a	0.56a	0.48a	---	---
	Pr > F*	0.4447	0.5080	0.0170	0.2619	0.1518	0.5908
SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°Brix)	Tamb (25±1°C)	7.60b	14.20a	17.33a	---	---	---
	7°C	8.47ab	8.10b	9.27b	11.27b	---	---
	13°C	7.77b	9.20b	11.47b	15.87a	16.07a	17.20a
	13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	8.90a	9.70b	10.9b	12.9ab	15.87a	15.30a
	13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	7.73b	9.30b	10.4b	12.9ab	---	---
	Pr > F	0.0111	0.0014	0.001	0.0105	0.6507	0.1145
FIRMEZA (Lbf)	Tamb (25±1°C)	+28.0a	8.92b	2.67b	---	---	---
	7°C	+28.0a	+28.0a	+28.0a	23.25a	---	---
	13°C	+28.0a	27.17a	25.50a	13.33b	8.17b	5.83b
	13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	+28.0a	26.08a	27.00a	26.00a	14.78a	11.25a
	13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	+28.0a	28.17a	28.17a	26.50a	---	---
	Pr > F	0.05	0.0009	0.0001	0.0032	0.0045	0.0029
PÉRDIDA FISIOLÓGICA DE PESO (% de peso)	Tamb (25±1°C)	0.64a	2.94a	5.78a	---	---	---
	7°C	0.18b	0.49b	0.82b	1.09b	---	---
	13°C	0.10bc	0.63b	1.18b	1.75a	2.43a	2.91a
	13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	0.013c	0.086c	0.23c	0.42c	0.71b	0.74b
	13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	0.015c	0.10c	0.24c	0.40c	---	---
	Pr > F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey para cada parámetro, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. [†]Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por celda) * Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

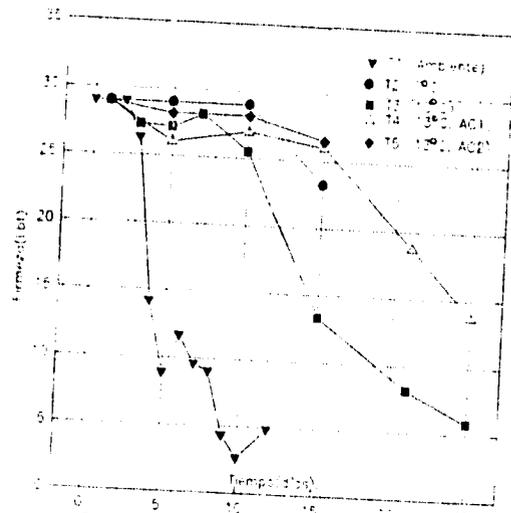


Figura 19. Evolución de la firmeza de mango 'keni' en diferentes condiciones de almacenamiento.

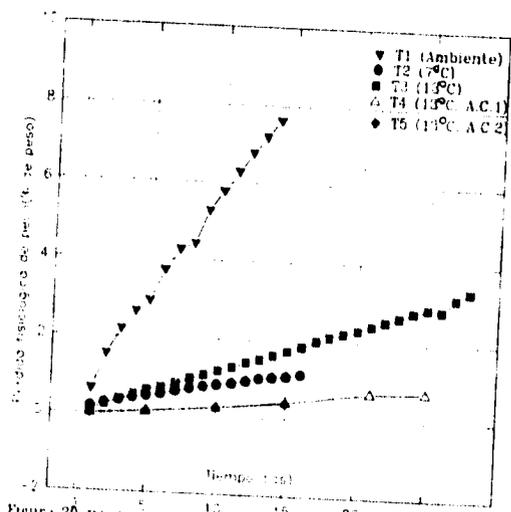


Figura 20. Pérdida fisiológica de peso de mango 'keni' almacenado bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

Color.

Temperatura ambiente.

Uno de los cambios más evidentes del proceso de maduración es el relativo al color, el cual a su vez es un indicador visual de la madurez, calidad y grado de aceptación del producto por el consumidor

Los resultados obtenidos en este parámetro muestran que en el tratamiento T1 ($25 \pm 1^\circ\text{C}$ y 85 % H.R.) el desarrollo del color externo del mango 'Kent' varió desde un 56.67% de color verde y 43.33% de chapeo (rojo) hasta alcanzar 16.67% de color verde, 21.67% de rojo y 61.67 % de amarillo en la madurez comestible al décimo día, y el desarrollo del color de la pulpa varió desde un amarillo pálido hasta un amarillo dorado (Tabla 10).

Obsérvese que en el día 5 de almacenamiento el tratamiento T1 empezó a diferenciarse de los demás tratamientos, ya que el valor **L** fue menor (pulpa más oscura) y el porcentaje de color verde en la cáscara empezó a desaparecer. Al día 10 del estudio los cambios de color de T1 fueron más acentuados tanto los cuantitativos como los cualitativos, ya que el color de la pulpa de un color amarillo pasó a un naranja y el color de la cáscara tenía un porcentaje alto de amarillo debido a la biosíntesis y desenmascaramiento de carotenoides (Lakshminarayana en Nagy, 1980).

Refrigeración y Atmósferas controladas.

En la tabla 10 se puede apreciar que el efecto de las bajas temperaturas y el de las atmósferas estudiadas fue un claro retraso en el desarrollo del color de los frutos tanto en la cáscara como en la pulpa. Estos tratamientos presentaron un valor más alto del parámetro **L** en la pulpa (color más claro), lo cual indica menor desarrollo de la maduración. En cuanto a la cáscara el desarrollo de color es mínimo. Es importante señalar que para una mejor interpretación de las variables de color **a** y **b** fue necesario desarrollar otros cálculos, los cuales se muestran también en la misma tabla.

Como se mencionó en materiales y métodos: El valor de **L** se puede interpretar directamente, ya que un valor de **+L** nos indica un color más claro y **-L** más oscuro. Mientras que los valores **a** y **b** no dan una idea bien clara del color, por lo que es necesario el cálculo de matiz de color, por medio del ángulo de matiz (h°), el cual indica, por ejemplo si es de 0° , que el

matiz es totalmente rojo, si el ángulo es 90° que es totalmente amarillo, y las diferentes combinaciones que se puedan dar entre 0 y 90° . Por otro lado el croma (**C**) indica la saturación del color y este valor es el cálculo numérico de la longitud de un vector que va de 0 a 60 , siendo 0 un color gris y 60 el matiz puro, por ejemplo amarillo intenso si h° es igual a 90° .

Se construyeron gráficas en base a los valores calculados del ángulo de matiz (h°) y el croma (**C**), para distinguir y apreciar con más claridad las diferencias de color según lo indica McGuire (1992).

Al día 10 se detectaron diferencias significativas tanto en claridad (valor **Hunter-L**) como en el ángulo de matiz de color (h°), con lo cual se obtuvo el siguiente diagrama (fig.21)

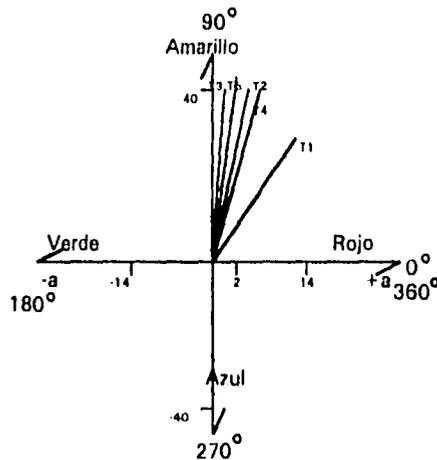


Fig. 21. Representación del matiz y pureza del color de la pulpa en el día 10 de almacenamiento.

El valor del ángulo de matiz de color de la pulpa para T1 fue significativamente diferente del T3 ($h^\circ_{T1} < h^\circ_{T3}$) lo cual indicó que la pulpa de T3 presentó un matiz más amarillo que rojo (amarillo) y T1 más rojo que amarillo (naranja). Mientras que en la pureza del color (**croma**) de la pulpa no hubo diferencia significativa, lo cual se observa con una longitud del croma muy semejante.

A los 15 días de almacenamiento no hubieron diferencias significativas en los valores Hunter-Lab, sin embargo se notó un cambio ligeramente mayor para el tratamiento T3 que para los otros tratamientos, indicando un mayor porcentaje del color amarillo en el exocarpo.

A los 21 y 25 días de almacenamiento los cambios de color se encontraron más acentuados para refrigeración que para A.C., ya que los valores Hunter **L**, **b**, **C** y **h°** fueron menores para T3 y el valor **a** se encontró ligeramente mayor, así como el color del exocarpo estaba más desarrollado; por lo que fue evidente una mayor retención del color original (amarillo pálido) en A.C. que en refrigeración.

En el día 25 de almacenamiento para los dos únicos tratamientos que quedaban se detectaron diferencias significativas solo en la saturación del color (**chroma**), lo cual puede verse en el diagrama y quiere decir que el T3 presentó un color amarillo de la pulpa menos intenso que T4, lo cual concuerda con un valor menor de **b** para T3. Sin embargo, en términos de **h°** no hay diferencia significativa como se puede apreciar en la fig. 22.

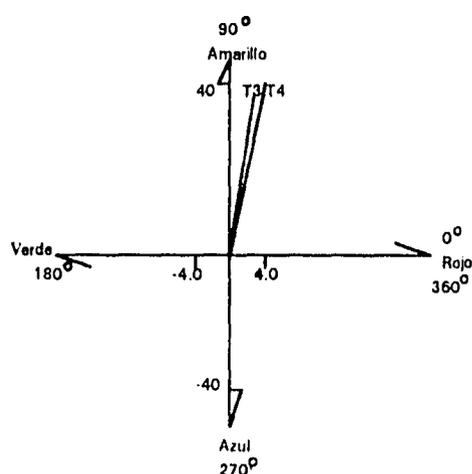


Fig. 22. Representación del matiz y pureza del color de la pulpa en el día 25 de almacenamiento.

Los valores de color reportados por Jordan en la variedad 'Kensington' (1993) a 13 °C y Gómez et al (1977) a 16 °C, para la variedad 'Kent' fueron similares a los que se presentan en la presente investigación; mientras que valores para mango 'Kensington' (O'Hare, 1993) varían ampliamente, lo cual puede deberse a la diferente variedad y lugar de procedencia.

Los resultados obtenidos en este parámetro permiten ver que en el caso de las bajas temperaturas, el desarrollo de color en cáscara y pulpa es ligeramente mayor que en las atmósferas, al respecto la literatura reporta un comportamiento similar en las variedades 'Kent' y 'Kensington' cuando se sometieron a condiciones muy similares. Lo anterior representa una desventaja de esta tecnología en el caso del mango (como se confirma más adelante), ya que el color es un atributo muy importante de la calidad exigida, para su comercialización.

Tabla 10.
Características de color Hunter-Lab y porcentaje del color en la cáscara de mango 'Kent' en almacenamiento.

TRATAMIENTO.	Características de color Hunter-Lab de pulpa					% de color de la cáscara (subjetivo).		
	L*	a	b	C	h°	Verde	Rojo	Amarillo
1 día de almacenamiento .								
T1= Tamb (25±1°C)	74.30a	-0.33a	38.35a	38.74a	90.88a	56.67	43.33	0
T2= 7°C	72.93a	4.77a	40.48a	40.90a	83.37a	56.67	43.33	0
T3= 13°C	76.48a	1.30a	40.88a	40.94a	88.20a	79.33	9.02	0
T4= 13°C (5% O ₂ y 5% CO ₂)	77.30a	-1.02a	39.77a	39.82a	91.53a	75.0	25.0	0
T5= 13°C (5% O ₂ y 10% CO ₂)	76.52a	-1.58a	38.52a	38.62a	92.48a	65.0	35.0	0
Pr > F*	0.3530	0.3550	0.2941	0.2595	0.3839			
5 días de almacenamiento.								
Tamb. (25±1°C)	69.78b	5.63a	40.95a	41.65a	82.35a	33.33	66.75	0
7°C	78.77a	-0.72a	40.18a	40.23a	91.02a	61.67	35.0	3.33
13°C	75.12ab	-0.02a	40.20a	40.41a	90.19a	71.67	28.33	0
13°C (5% O ₂ y 5% CO ₂)	73.93ab	4.42a	40.22a	40.58a	83.69a	51.67	48.33	0
13°C (5% O ₂ y 10% CO ₂)	75.48ab	1.23a	40.88a	41.00a	88.35a	68.33	28.33	3.33
Pr > F	0.0127	0.3664	0.7641	0.5861	0.3593			
10 días de almacenamiento.								
Tamb. (25±1°C)	59.90b	14.10a	36.85a	39.67a	69.47b	16.67	21.67	61.67
7°C	72.67a	2.88a	40.55a	40.75a	86.01ab	63.33	35.0	1.67
13°C	74.77a	0.98a	40.40a	40.82a	88.88a	71.67	26.67	1.67
13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	74.28a	3.12a	41.15a	41.41a	85.74ab	40.0	46.67	13.33
13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	75.65a	2.23a	41.30a	41.57a	87.04ab	76.67	20.0	3.33
Pr > F	0.0039	0.0710	0.0493	0.8489	0.0459			

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA DIVISION

continuación de la tabla 10.								
15 días de almacenamiento.								
TRATAMIENTO.	Características de color Hunter-Lab de pulpa.					% de color de la cáscara (subjectivo).		
	L*	a	b	C	h°	Verde	Rojo	Amarillo
7°C	75.0a	0.12a	39.92a	39.97a	89.87a	60.0	31.67	8.33
13°C	68.40a	6.47a	40.12a	40.65a	80.87a	40.0	33.33	26.67
13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	73.28a	1.08a	38.50a	38.85a	88.81a	60.0	33.33	6.67
13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	70.73a	0.05a	37.73a	37.73a	89.83a	77.5	20.0	2.5
Pr > F	0.1374	0.2358	0.3258	0.3085	0.5442			
21 días de almacenamiento.								
7°C	---	---	---	---	---	---	---	---
13°C	69.0a	4.82a	40.27a	40.56a	83.19a	68.33	23.33	8.33
13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	70.10a	4.35a	40.65a	40.96a	83.98a	63.33	25.00	11.67
13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	---	---	---	---	---	---	---	---
Pr > F	0.6051	0.8108	0.6976	0.7190	0.7672			
25 días de almacenamiento.								
7°C	---	---	---	---	---	---	---	---
13°C	67.72a	4.62a	38.27a	38.56b	83.10a	30.0	50.0	20.00
13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	69.03a	5.32a	40.02a	40.52a	82.42a	70.0	30.0	0
13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	---	---	---	---	---	---	---	---
Pr > F	0.7217	0.8064	0.0865	0.0318	0.8696			

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey para cada parámetro, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes(por celda).

*Pr > F probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

continuación de la tabla 10.								
15 días de almacenamiento.								
TRATAMIENTO.	Características de color Hunter-Lab de pulpa.					% de color de la cáscara (subjetivo).		
	L*	a	b	C	h°	Verde	Rojo	Amarillo
7°C	75.0a	0.12a	39.92a	39.97a	89.87a	60.0	31.67	8.33
13°C	68.40a	6.47a	40.12a	40.65a	80.87a	40.0	33.33	26.67
13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	73.28a	1.08a	38.50a	38.85a	88.81a	60.0	33.33	6.67
13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	70.73a	0.05a	37.73a	37.73a	89.83a	77.5	20.0	2.5
Pr > F	0.1374	0.2358	0.3258	0.3085	0.5442			
21 días de almacenamiento.								
7°C	---	---	---	---	---	---	---	---
13°C	69.0a	4.82a	40.27a	40.56a	83.19a	68.33	23.33	8.33
13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	70.10a	4.35a	40.65a	40.96a	83.98a	63.33	25.00	11.67
13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	---	---	---	---	---	---	---	---
Pr > F	0.6051	0.8108	0.6976	0.7190	0.7672			
25 días de almacenamiento.								
7°C	---	---	---	---	---	---	---	---
13°C	67.72a	4.62a	38.27a	38.56b	83.10a	30.0	50.0	20.00
13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	69.03a	5.32a	40.02a	40.52a	82.42a	70.0	30.0	0
13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	---	---	---	---	---	---	---	---
Pr > F	0.7217	0.8064	0.0865	0.0318	0.8696			

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey para cada parámetro, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

† Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por celda).

* Pr > F probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

Comportamiento en la maduración postalmacenamiento.

Actividad respiratoria.

A partir del momento en que se extrajeron los frutos en los diferentes periodos de almacenamiento los mangos requirieron aproximadamente entre 4 y 6 días para alcanzar la madurez comestible; como se mencionó en la metodología, la actividad respiratoria en esta etapa se determinó a partir del primer día de extracción, encontrándose que, en general los valores del pico climaterico que se presentaron durante la maduración postalmacenamiento fueron más altos que el alcanzado durante la maduración a temperatura ambiente exclusivamente (Tabla 11). Los valores máximos determinados frecuentemente se produjeron a los 2 ó 3 días después de la extracción del almacén, mientras que para T1 (a temperatura ambiente) fue a los 8 días postcosecha.

Tabla 11.

Máximo climaterio durante los diferentes periodos de maduración postalmacenamiento a temperatura ambiente ($25\pm 1^{\circ}\text{C}$).

DÍA DE EXTRACCIÓN DEL ALMACÉN	PERIODO DE ANÁLISIS (días postcosecha).	VALOR DEL PICO CLIMATÉRICO (mg CO ₂ /Kg-h) *(días postcosecha de la máxima producción)				
		T1	T2	T3	T4	T5
Testigo (T1).	2-14	146-148 (8-9)*				
10o. día	14-16		128.7 (15)	160.51 (16)	141.12 (16)	150.52 (16)
15o. día	18-21		156.6 (19)	204.84 (19)	145.08 (20)	
21o. día	24-27			165.06 (25)	184.18 (25)	

La comparación del pico climaterico del tratamiento 1 (Temperatura ambiente = $25\pm 1^{\circ}\text{C}$) y el comportamiento de las diferentes extracciones en maduración postalmacenamiento se ilustran en las figuras 23 a 25

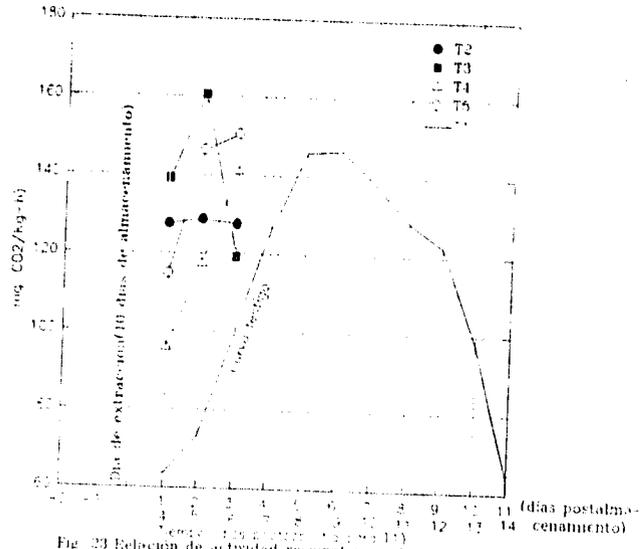


Fig. 23 Relación de actividad respiratoria e temperatura ambiente y en maduración postalmacenamiento (primera extracción, 14 días postcosecha)

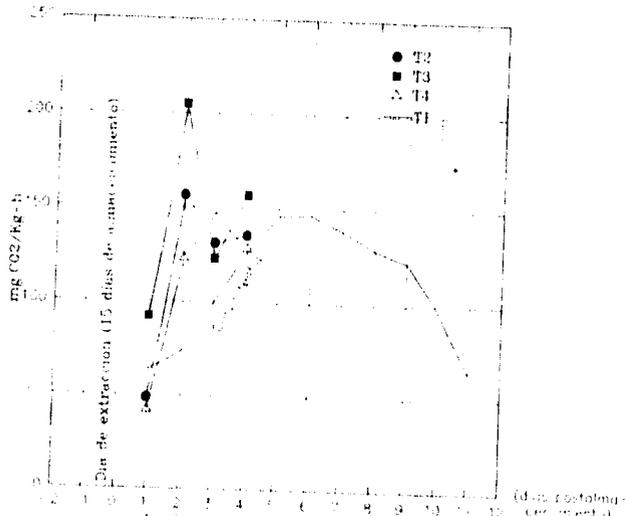


Fig. 24 Relación de actividad respiratoria e temperatura ambiente y en maduración postalmacenamiento (segunda extracción, 15 días postcosecha)

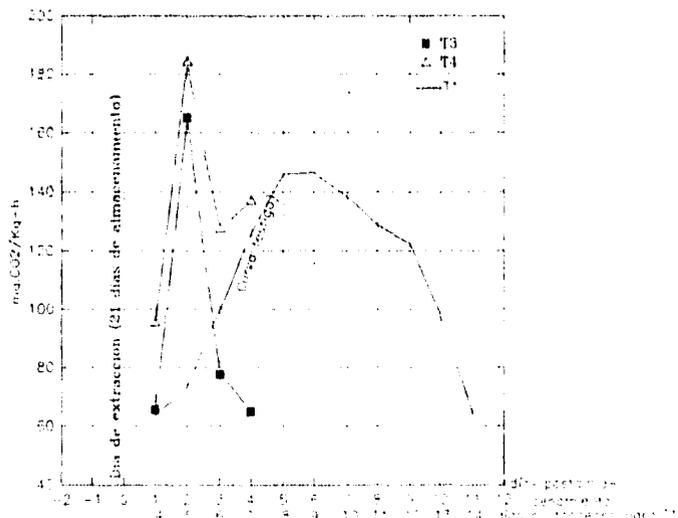


Fig. 25. Relación de la actividad respiratoria a temperatura ambiente y en maduración post almacenamiento (tercera extracción, 25 días postcosecha).

Un caso interesante fue que el pico climatérico para las muestras en T4 (A.C.) fue más elevado, mientras mayor fue el tiempo de almacenamiento.

Saucedo et al (1977) reportaron que el pico climatérico de frutos refrigerados a 8, 10, y 13 °C mostraron un prolongado preclimaterio durante todo el periodo de almacenamiento (10, 16 y 22 días de almacenamiento) hasta que se extrajeron y fueron expuestos en condiciones de maduración (25 °C, durante 4-6 días) en donde se produjo el máximo climaterio (a 8 y 13 °C los valores oscilaron entre 70 y 95 mg CO₂/Kg-h).

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que la evolución de CO₂ (climaterio respiratorio) se encuentra asociado con la madurez comestible.

Parámetros de calidad en maduración postalmacenamiento.

En promedio, después de la extracción de las diferentes condiciones de almacenamiento, los frutos alcanzan la madurez comestible en un tiempo de 5 días a temperatura ambiente (25 ± 1° C y %II R. = 80-90).

En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidos en los parámetros de calidad determinados durante la etapa postalmacenamiento, como puede apreciarse a los diferentes periodos de maduración, en general no se detectaron diferencias significativas en los parámetros entre los tratamientos, sin embargo cabe señalar las siguientes observaciones:

a) La acidez final alcanzada fue ligeramente mayor que la que se obtiene en la maduración exclusiva a temperatura ambiente, presentándose diferencia significativa en la última extracción de T3 con el testigo (T1). En maduración postalmacenamiento la acidez alcanzada para T4 (A.C.) en todos los periodos de extracción, fue estadísticamente igual a la del testigo (T1). Mientras que la acidez que se logró en T2 (7 °C, hasta los 15 días de almacenamiento) al final del periodo de maduración fue alta, y no se logró llegar a la normal (T1), difiriendo significativamente.

b) Los sólidos solubles totales alcanzaron valores casi iguales a los que se obtuvieron en la maduración normal a temperatura ambiente.

c) Se obtuvo una firmeza ligeramente mayor, difiriendo significativamente en la segunda y cuarta extracción, tanto en refrigeración como en T4 (A.C.); sobresaliendo una firmeza alta a bajas temperaturas (7 °C), en la primera y segunda extracción.

d) Se observa que el fruto control madurado en condiciones de temperatura ambiente (25± 1°C y H.R.= 80-90 %) perdió 5.78 % en peso durante los 10 días del periodo de maduración.

La pérdida fisiológica de peso (p.f.p) en almacenamiento a bajas temperaturas fue proporcional a la temperatura y duración del almacenamiento, ya que los frutos almacenados a 7 °C perdieron menos peso que los de 13 °C al mismo periodo de almacenamiento. Mientras que los almacenados en A.C. la p.f.p. fue todavía mucho menor, lo cual se debe a la H.R. mayor al 90 % que se mantienen en estas tecnologías, presentándose una diferencia significativa entre refrigeración y A.C.

Cuando los frutos fueron transferidos a condiciones de maduración (temperatura ambiente) la p.f.p. se incremento considerablemente, siendo ésta similar en todos los tratamientos oscilando entre 2-3.5 %. De acuerdo a lo anterior, la p.f.p. acumulada estuvo en función del tipo de almacenamiento, presentando las mismas diferencias significativas que al momento de extracción.

Tabla 12. Parámetros de calidad de mango 'Kent' en estado de madurez comestible postalmacenamiento.

PARÁMETRO	TRATAMIENTO	PERIODO DE ALMACENAMIENTO- POSTALMACENAMIENTO(días).			
		10-6	15-5	21-4	25-4
ACIDEZ[†] TITULABLE (mg de ácido cítrico/100g de pulpa.)	T1= Tamb.(25±1°C)⊕	0.26a	0.26b	0.26a	0.26b
	T2= 7°C	0.45a	0.45a	---	---
	T3= 13°C	0.32a	0.34ab	0.38a	0.41a
	T4= 13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	0.41a	0.34ab	0.30a	0.21b
	T5= 13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	0.34a	0.26b	---	---
	Pr > F*	0.2031	0.0029	0.3861	0.0061
SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°Brix)	Tamb.(25±1°C)	17.33a	17.33a	17.33a	17.33a
	7°C	16.53a	16.80a	---	---
	13°C	16.73a	16.13a	16.40a	18.13a
	13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	16.30a	16.67a	17.40a	18.07a
	13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	17.47a	15.80a	---	---
	Pr > F	0.5626	0.5747	0.7262	0.0410
FIRMEZA (Lbf)	Tamb.(25±1°C)	2.67b	2.67c	2.67a	2.67b
	7°C	6.50a	6.38a	---	---
	13°C	4.83ab	4.75b	3.67a	5.42a
	13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	4.50ab	4.58b	3.67a	5.00a
	13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	4.50ab	4.38b	---	---
	Pr > F	0.0158	0.0001	0.5305	0.0132
PÉRDIDA FISIOLÓGICA DE PESO AL SALIR DEL ALMACENA- MIENTO (% de peso)	7°C	0.87b	1.25b	---	---
	13°C	1.37a	1.84a	2.52a	2.67a
	13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	0.30c	0.43c	0.69b	0.58b
	13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	0.12c	0.42c	---	---
	Pr > F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0055
PÉRDIDA FISIOLÓGICA DE PESO AL FINAL DE LA MADURACIÓN (% de peso)	7°C	3.22a	2.51a	---	---
	13°C	3.64a	2.94a	3.06a	2.64a
	13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	3.12a	2.90a	3.03a	2.20a
	13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	3.33a	2.72a	---	---
PÉRDIDA FISIOLÓGICA DE PESO ACUMULADA. (% de peso)	Tamb.(25±1°C)	5.78a	5.78a	5.78a	5.78a
	7°C	4.09bc	3.76bc	---	---
	13°C	5.01ab	4.78ab	5.58a	5.31a
	13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	3.63bc	3.34c	3.72b	2.79b
	13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	3.25c	3.14c	---	---
Pr > F	0.0011	0.0001	0.038	0.0019	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey para cada parámetro, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. [†]Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por celda). *Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada ⊕ parámetros de calidad alcanzados al día 10 en estado de madurez comestible (a temperatura ambiente exclusivamente).

En un estudio de maduración postalmacenamiento de mango 'Kent' Saucedo et al (1977) señalaron daños por frío a 8, 10 y 13 ° (10, 16 y 22 días de almacenamiento), presentando niveles altos de acidez titulable y bajos contenidos de azúcares y carotenoides, lo cual, en el presente estudio no se presentó.

Color (madurez comestible).

En general, comparando los valores **L**, **a** y **b** de los frutos en madurez comestible de T1 (temperatura ambiente) con los de los mangos en madurez comestible de los diferentes tratamientos, se encontró que estadísticamente no hubo diferencias significativas en el desarrollo de color alcanzado. Sin embargo, numéricamente los valores del tratamiento T1 (testigo) fueron ligeramente diferentes, así se observa en la tabla 13, que el valor **L** es menor, lo cual indica que la pulpa se encontraba más oscura que la alcanzada en madurez comestible postalmacenamiento del resto de los tratamientos, o sea que el color amarillo en el testigo es más fuerte lo cual se relaciona a un valor ligeramente menor de **b** (menos amarillo), lo que indica que, en términos de color de la pulpa se alcanza a desarrollar casi completamente la intensidad del amarillo característico de la madurez comestible con los tratamiento aplicados; así como una pureza (croma) y un ángulo de matiz del color (h°) menor, lo cual indica que el color en T1 se inclina más hacia el rojo que al amarillo (anaranjado). Todo esto relacionado con un color de la cáscara más amarillo y rojo que verde, en relación a los demás tratamientos.

Las diferencias más marcadas en relación al estándar (T1) se observaron en la última extracción en donde además se detectó una diferencia significativa de valor Hunter 'b' entre T1 y T4(A.C.)

Por lo que respecta al exocarpo (cáscara), el efecto de los tratamientos no fue muy satisfactorio, ya que en ningún caso se alcanzó el desarrollo de color externo que se obtuvo en los frutos del tratamiento testigo (T1) en la madurez comestible, encontrándose que en los tratamientos T3 (13°C) y T4 (5% O₂ y 5% CO₂) los porcentajes de color verde se conservaron en gran medida (48% aproximadamente) y la aparición del amarillo muy baja (25 % aprox.).

Por otro lado hay una diferencia bien marcada en cuanto al porcentaje del color verde y amarillo de la cáscara, que se alcanzó a temperatura ambiente exclusivamente (T1), en relación tanto a la refrigeración como en la A.C., desarrollándose un color más amarillo en la última

Por lo tanto se puede afirmar que el desarrollo del color externo e interno se demora en la maduración posterior al tratamiento, tanto en refrigeración como en A.C

Considerando en conjunto los parámetros de calidad determinados en la madurez comestible alcanzada posterior al almacenamiento, se puede afirmar que en todos los tratamientos y periodos de almacenamiento estudiados, se logra un buen desarrollo de las características de calidad de mango 'Kent' sin embargo cabe destacar las siguientes observaciones.

- El desarrollo del color tanto interno como externo no se logró satisfactoriamente,
- la acidez final y la firmeza fueron ligeramente mayores,
- los sólidos solubles totales fueron muy similares y
- la pérdida fisiológica fue menor, estando en función del tipo de almacenamiento.

Tabla 13.
Características de color Hunter-Lab y porcentaje del color de cáscara de mango 'Kent' en estado de madurez comestible.

TRATAMIENTO.	Características de color Hunter-Lab de pulpa.					% de color de la cáscara (subjetivo).		
	L*	a	b	C	h°	Verde	Rojo	Amarillo
10 días de almacenamiento y 6 días de maduración.								
T1 = Tamb.(25±1°C)*	59.90a	14.10a	36.85a	39.67a	69.47a	16.67	21.67	61.67
T2 = 7°C	67.85a	6.55a	40.33a	41.19a	80.96a	33.33	36.67	30.0
T3 = 13°C	61.17a	11.72a	38.55a	40.35a	72.91a	58.33	30.0	11.67
T4 = 13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	62.98a	7.50a	38.68a	39.85a	79.23a	53.33	25.0	21.67
T5 = 13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂) ^c	64.65a	7.82a	40.07a	41.09a	79.08a	45.0	36.67	18.33
Pr > F*	0.3228	0.3898	0.4772	0.9472	0.3150			
15 días de almacenamiento y 5 días de maduración.								
Tamb.(25±1°C)	59.90a	14.10a	36.85a	39.67a	69.47a	16.67	21.67	61.67
7°C	65.25a	6.55a	39.38a	40.05a	80.31a	76.67	15.0	8.33
13°C	64.67a	8.70a	39.83a	40.80a	77.61a	56.67	26.67	16.67
13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	61.98a	8.43a	37.72a	38.65a	77.40a	50.00	30.00	20.0
13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	63.68a	25.20a	39.23a	48.14a	60.13a	22.5	40.0	37.5
Pr > F	0.5499	0.1579	0.5552	0.3461	0.1364			

continuación de la tabla 13								
TRATAMIENTO.	Características de color Hunter- <u>Lab</u> de pulpa.					% de color de la cáscara (subjetivo).		
	L*	a	b	C	h°	Verde	Rojo	Amarillo
21 días de almacenamiento y 4 días de maduración.								
Tamb.(25±1°C)	59.90a	14.10a	36.85a	39.67a	69.47a	16.67	21.67	61.67
7°C	---	---	---	---	---	---	---	---
13°C	63.90a	7.30a	37.62a	38.33a	79.05a	33.33	36.37	30.00
13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	61.72a	4.80a	37.00a	37.52a	82.75a	55.0	18.33	26.67
13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	---	---	---	---	---	---	---	---
Pr > F	0.5401	0.1061	0.9171	0.7040	0.0858			
25 días de almacenamiento y 4 días de maduración.								
Tamb.(25±1°C)	59.90a	14.10a	36.85b	39.67a	69.47a	16.67	21.67	61.67
7°C	---	---	---	---	---	---	---	---
13°C	67.17a	8.68a	40.90ab	41.85a	78.06a	48.33	31.67	20.00
13°C(5% O ₂ y 5% CO ₂)	67.10a	10.50a	41.62a	43.00a	75.86a	41.67	28.33	30.00
13°C(5% O ₂ y 10% CO ₂)	---	---	---	---	---	---	---	---
Pr > F	0.0823	0.3290	0.0442	0.3524	0.2048			

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey para cada parámetro, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

* valores medidos a los diez días (temperatura ambiente exclusivamente)

† Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por celda).

* Pr > F = probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

4.4 Evaluación sensorial.

Debido a que no se manejó el mismo número de extracciones durante el periodo de almacenamiento en cada uno de los diferentes tratamientos, se consideraron como experimentos separados las diferentes extracciones para un mismo tratamiento. Se compararon todos los diferentes experimentos entre sí para detectar si había o no diferencia significativa entre ellos. Los experimentos manejados en esta parte, fueron los siguientes:

Tabla 14
Extracciones para evaluación sensorial

Tratamiento	Extracción				
		Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
T1= Tamb (25 ± 1 °C)	Sobremaduro				
T2= 7 °C		T21	T22		
T3= 13 °C (5% O ₂ y 5% CO ₂)		T31	T32	T33	T34
T4= 13 °C (5% O ₂ y 5% CO ₂)		T41	T42	T43	T44
T5= 13 °C (5% O ₂ y 10% CO ₂)		T41			

NOTA: Por extracciones se entiende como los diferentes periodos de almacenamiento-maduración postalmacenamiento, de los cuales ya se habló.

En la segunda extracción se tuvo un problema en la evaluación, ya que no se pudo realizar el día en que alcanzaron la madurez comestible, guardándolos en refrigeración casera (5 °C aproximadamente).

De acuerdo a la tabla 15, la evaluación sensorial realizada para detectar olores extraños reporta que estadísticamente no hay diferencias significativas entre los tratamientos a los diferentes periodos de extracción. Sin embargo fue notorio que los valores mayores de índice-R (I.R.) los presentó el Tratamiento 4 (A.C. I= 5% O₂ y 5% CO₂) en todas las extracciones, siendo estos mayores de 50%, lo cual, como se explicó en la metodología correspondiente, indican tendencia a la presencia de olores extraños en relación a muestras en estado de madurez comestible alcanzada a temperatura ambiente. Recordando que un I.R. de 50% indica no diferencia con el estándar.

Buscando un valor real de la media poblacional se procedió a aplicar una prueba de inferencia estadística como lo es el intervalo de confianza de las medias, el cual se realizó al 95 % de confiabilidad y sirve para conocer la probabilidad (I.R.) de distinción del tratamiento con el estándar e informa los límites inferiores o superiores de los posibles valores de la media, así, se

puede ver si el limite inferior se encuentra cercano a 50% y el limite superior indica que tanto se acerca a 100%, el cual a su vez da una idea de la probabilidad de presencia de olores extraños.

De acuerdo a la tabla 15 se puede ver en la parte del análisis de olores extraños, que las muestras que presentan un limite inferior arriba de 50% son T3, y T4 de la tercera extracción; y T4 en la cuarta extracción; pero las dos primeras presentan un limite superior no muy elevado (61.38 y 64.13 % respectivamente) a comparación de T4 de la cuarta extracción, para el cual es de 85.90%, indicando la probabilidad de distinguir T4 del estándar, probabilidad muy alta, la cual indica una tendencia de presencia de olores extraños. En la muestra T4 de la segunda extracción se presenta un limite superior elevado, así como el I.R. más alto, marcando una tendencia de presencia de olores extraños.

En cuanto a sabores extraños el análisis de varianza indicó diferencia significativa de 0.006 % entre los diferentes tratamientos. Por medio de la prueba de Tukey, se obtuvo que T4 (A.C.1 = 5% O₂ y 5% CO₂) en la segunda extracción, difiere significativamente de los tratamientos de la primera extracción. Al igual que en olores extraños, T4 en general presentó los valores mayores de I.R. por arriba de 50%, a excepción de la primera extracción.

Por lo que respecta a la evaluación sensorial de sabores extraños, se calcularon intervalos de confianza, de los cuales, los experimentos que arrojaron un limite inferior mayor al 50% fueron, T4 en la segunda extracción presentó un limite inferior mayor a 50 % y un limite superior por arriba de 100 (63.71-105.83) indicando una posible probabilidad de 100 % de distinguir T4 del estándar de 100 muestras pareadas; además los dos tratamientos de la tercera extracción (T3 y T4), siendo el limite superior no muy elevado (65.68 y 68.33 % respectivamente). Una muestra que presentó un limite superior cercano al 100% fue la muestra T2 (7 °C) de la segunda extracción (95.49), lo cual puede estar relacionado con la presencia de alta acidez titulable tanto en almacenamiento como en madurez comestible.

Los índices-R de ambos análisis cercanos al 50% indican que, la probabilidad de distinguir la muestra problema o el estándar es la misma, es decir, de 100 muestras pareadas 50 serán del estándar y 50 de la muestra problema. Un análisis de éste tipo señala que en estas muestras no existe una tendencia a olores o sabores extraños, es decir son semejantes al estándar.

De acuerdo a las técnicas estadísticas utilizadas (Análisis de varianza, prueba de comparación múltiple e Intervalo de confianza) se puede o no afirmar la presencia de olores ó sabores extraños y las diferencias entre los tratamientos.

Cabe hacer notar, que las observaciones que hicieron los jueces en la segunda extracción principalmente, fueron la presencia de olores raros (descomposición) en mayor grado en T4 ; así como sabores desagradables a fermentación (alcohol y alta acidez) tanto en T2 como en T4.

En el análisis de varianza para ambas evaluaciones sensoriales (olores y sabores extraños) se consideró el efecto de la interacción de tratamiento*juez, y el de jueces, no presentando diferencias significativas para los primeros y para los segundos hubo diferencias en la evaluación sensorial de sabores extraños, las cuales fueron consideradas en el efecto de los tratamientos.

Tabla 15.
Evaluación sensorial de mango 'Kent' en madurez comestible.

Tratamientos	Olores extraños (%Indice R) [†] Pr > F* = 0.4960			Sabores extraños (%Indice R) [†] Pr > F* = 0.0006		
	Media.	Desviación estándar.	Intervalo de confianza.	Media.	Desviación estándar.	Intervalo de confianza.
T1 = Tamb (25±1° C) estado de sobremaduración.	56.77a	23.68	41.72-71.82	47.67b	21.17	34.22-61.12
T2 = 7°C						
1a. extracción.	57.29a	34.27	35.52-79.06	44.26b	26.38	27.50-61.02
2a. extracción.	50.26a	33.88	28.73-71.79	65.23ab	36.19	34.97-95.49
T3 = 13°C						
1a. extracción.	52.86a	36.12	29.87-75.77	44.02b	24.78	28.28-59.76
2a. extracción.	48.70a	38.00	24.64-72.94	56.75ab	32.93	29.22-84.28
3a. extracción.	56.77a	7.19	52.20-61.38	58.60ab	10.98	51.62-65.58
4a. extracción.	63.89a	25.46	47.71-80.07	60.61ab	20.79	47.40-73.82
T4 = 13°C (5% O ₂ y 5%CO ₂)						
1a. extracción.	65.37a	36.26	47.99-82.75	49.99b	26.68	33.04-66.94
2a. extracción.	69.27a	35.87	46.48-92.06	84.77a	25.19	63.7-105.83
3a. extracción.	57.94a	9.74	51.75-64.13	60.55ab	12.87	52.37-68.33
4a. extracción.	68.52a	23.35	51.14-85.90	61.58ab	22.15	47.51-75.65
T5 = 13°C (5% O ₂ y 10% CO ₂)						
1a. extracción.	58.07a	34.48	36.16-79.98	46.88b	23.69	31.83-61.93

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey para cada parámetro, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Intervalo de confianza al 95% de confiabilidad [†]Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por columna) *Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

CONCLUSIONES.

1) El Mango 'Kent' madura a temperatura ambiente ($25 \pm 1^\circ\text{C}$ y H.R. = 80-90 %) en 10 días.

2) El patrón postcosecha en la producción de etileno en mango 'Kent' se presentó antes de la elevación climatérica.

3) No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos en refrigeración comparados con los de atmósferas controladas, en cuanto a la conservación de la calidad del mango 'Kent' en los parámetros de acidez titulable y sólidos solubles totales.

4) Las diferencias significativas que se presentaron durante el almacenamiento entre refrigeración y atmósferas controladas, correspondieron a la firmeza a partir del día 15 y pérdida fisiológica de peso desde el día 5.

5) El tiempo en que se alcanzó la madurez comestible de mango 'Kent' después de la extracción de la cámara de almacenamiento, disminuyó a medida que aumento el de almacenamiento.

6) El desarrollo de color en la cáscara fue menor durante el almacenamiento y maduración postalmacenamiento tanto en atmósferas controladas como en refrigeración, que el que se alcanzó a temperatura ambiente.

7) La conservación de la calidad del mango 'Kent' fué posible prolongarla hasta por 30 días (25 días en almacenamiento y 5 días a temperatura ambiente) en refrigeración comercial a 13 °C. En atmósfera comercial (5%O₂ y 5%CO₂), los mangos mostraron una tendencia a la presencia de olores y sabores extraños a partir de los 21 días de almacenamiento.

8) Los mangos que se mantuvieron en el tratamiento a 7 °C se pudieron conservar durante los 15 días de almacenamiento más 5 días a temperatura ambiente (25 ±1 °C, 85-90% HR), sin mostrar algún daño físico, sin embargo químicamente la acidez se mantuvo alta hasta la madurez comestible, además de que sensorialmente se detectaron sabores extraños, los cual pudo ser síntoma de daño por frío.

9) Se logró una calidad aceptable en los mangos que se almacenaron durante 15 días a 13 °C, 5%O₂ y 10 %CO₂ y que maduraron a temperatura ambiente en 5 días.

5.1 RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluyo que no se presenta una diferencia significativa entre la atmósfera controlada y la refrigeración comercial, por lo que no es recomendable la utilización de la mezcla gaseosa estudiada ya que además de que no se obtiene un beneficio global en la conservación de la calidad, implica un gasto adicional, oscilando éste alrededor de 1 dólar/caja de mango de 5 kg. (dato del año de 1994, Transfresh).

Se recomienda la continuación del estudio con otro tipo de mezclas gaseosas para la variedad 'Kent', en particular la utilizada aumentando el porcentaje de CO₂, ya que en este trabajo no se logró estudiar completamente, además de mezclas en donde se varíe el porcentaje del mismo gas entre 5 y 10 %.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alvarez Ramírez, F. y Demeritis Peña, C. "Hidrocalentamiento de mango: problemática y alternativas." (Editado por CONAFRUT: Comisión Nacional de Fruticultura). p 16 Querétaro Qro. (1988).
- A.O.A.C.. "Official Method of Analysis" Vol. II. (15ª edn). pp 910-928. Virginia U.S.A. (1990).
- Arriola, Ma. del C. "La refrigeración como medio para disminuir las pérdidas postcosecha" En daños por frío de algunos fruto tropicales Tomo I Seminario Latinoamericano . Argentina (1983)
- Bautista, M.F. y col. "Manejo postcosecha del mango en estado fresco" Universidad Autónoma Metropolitana (U.A.M.) de Iztapalapa. México D.F. (1993).
- Biale, J.B. and R.E. Young. "Respiration and ripening in fruits" In Recent advances in the Biochemistry of fruits and Vegetables (Edited by J. Friend and M.J.C. Rhodes), cap. 1 Academic Press New York (1981).
- Bósquez Molina, Elsa. y col.. "Investigación y tecnología postcosecha de productos vegetales percederos." VII Jornada de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana (U.A.M.) de Iztapalapa. México D F. (1993).
- Bósquez Molina, Elsa. "Manual de prácticas de laboratorio de fisiología postcosecha de frutas y hortalizas". (1ª edn). pp 25-30. U.A.M. Iztapalapa. México D F. (1992).
- Brecht, P.E. "Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce". Food Technology: 34 (3) 45-49 (1980).
- Brown, John. "Recognition assessed by rating and ranking" Brit. Journal Psychol. 65: 1 13-22 (1974).
- Burg, Stanley P. and Burg, Ellen A.. "Role of ethylene in fruit ripening". Plant Physiology. pp 37, 179-189. (1962).
- Campbell, R J. and Campbell C.W. "Commercial Florida mangoes cultivars". Acta Horticulturae 341, 55-59 (1993).
- Centro de Comercio Internacional (C.I.C.) "Frutas, legumbres y hortalizas frescas de origen tropical y de fuera de temporada. Estudio de determinados mercados europeos". pp. 7-11, 30-35 Ginebra Suiza (1987).
- Chaplin, G R. "Advances in Post-harvest physiology of mango " Acta Horticulturae 231, 639-648 (1988).

- Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT). "Norma Oficial Mexicana: NOM-FF14-1982". Productos alimenticios no Industrializados, para uso humano -fruta fresca- Determinación de resistencia a la penetración. pp 34-36. Diario Oficial (1982).
- Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT) "Manual de cosecha y acondicionamiento de frutas y hortalizas " pp. 29-67 México D.F. (1982).
- Cua, A.U. and Lizada, M.C.C. "Ethylene production in the 'Carabao' mango (*Mangifera indica L.*) fruit during maturation and ripening. Paper presented at the symposium on tropical fruit in international trade, 4-9 June. Honolulu, Hawaii. (1989).
- De los Santos de la Rosa, F. y Mosqueda, Vazquéz R. "Comparación de 21 cultivares y 12 selecciones mexicanas de Mango, *Mangifera indica, L.* en la zona central del estado de Veracruz". Chapingo. Nums. 62-63. pp 63-68 (1989).
- Dietz, F.H. et al. "Studies on loss of weight of mango fruits as influenced by cuticles and lenticels". Acta Horticulturae, 231, 685-687 (1988).
- Dougherty, Edward R. "Probability and statistics for the engineering, computing and physical sciences". (1st. edn.) 535-539 Prentice-Hall Inc. U.S.A (1990).
- Duckworth, R.B. "Frutas y verduras" (1a. edn.) pp 1, 155-180. Editorial Acribia, Zaragoza España (1968).
- Durán, Torrellardona S. "Frigoconservación de fruta" (1a. edn.) pp. 131-235 Editorial Aedos, Barcelona España (1983)
- Fernández, G. "Mangos Mexicanos a tres continentes" Hortalizas, Frutas y Flores. p 365 y 38, enero (1995)
- Food and Agriculture Organization (F.A.O) Production YearBook. 1994 United Nations Rome Italy.(1994)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, (F.A.O). "The World Market for tropical Horticultural Products" F.A.O. Economic and social development paper. Rome Italy (1988)
- Formaris-Rullan, G. et al. "Influence of storage conditions and market temperature on shelf life and quality of 'Keiit' mango" J. Agric Univ de Puerto Rico Vol 74 No. 2, April, (1990)
- Galán, Saucó V. "The situation of mango in the world" Acta Horticulturae 341, 31-41 (1993)

- Galán, Saucó V. "Los frutos tropicales en los subtropicos" (1a. edn-) pp. 59-63 Ed Mundi Prensa Madrid España (1990).
- Gebhardt, S.I. et al, "Composition of foods: fruit and fruit juices, raw, processed, prepared". Agriculture Handbook No. 8-9, p. 168. Washington D.C. Consumer Nutrition Center, United States Department of Agriculture, Human Nutrition Information Service.
- Gómez Brito, L. Y. Malewski y M. silberg. " Maduración, textura y desarrollo de color de mangos 'Kent', 'Palmer' y 'Sensation', almacenados a diferentes temperaturas " Tecnología de Alimentos 12, pp 11-16 (1977).
- González, Buenrostro Ma. Guadalupe Verónica "Conservación de chicozapote y mango 'Manila' (*Mangifera indica L.*) en refrigeración" Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. (1982).
- Gruda, Z. - Jacok postalski "Tecnología de la congelación de alimentos" (1a. edn.) p. 1-5 Editorial Acribia, Zaragoza España, (1986).
- Herrero, Alfonso y Guardia, Jorge. "Conservación de frutas". (1ª edn.) pp 1168-169. Ediciones Mundi Prensa. Bilbao España (1992).
- Holdsworth, S.D."Conservación de hortalizas". (1a. edn.) pp. 107-121, Editorial Acribia, Zaragoza, España(1988).
- Hulme, A.C."The Mango" In The Biochemistry of fruits and their products". Vol. 2 (1st. edn.) pp233-253. London, England(1971).
- Hunter Lab D25-PC2. "Colorimeter instruction manual". Hunter Associates Laboratory, inc. Reston Virginia. (1985).
- Ibar, Leandro "Aguacate, Chirimoyo, Mango, Papaya". (1a. edn.) pp. 145-158) Editorial Aedos, Barcelona España (1979).
- Isenber, F.M.R. "Controlled atmosphere storage of vegetables" Horticultural Review. 1: 337-394 (1979).
- Jagtiani, Jethro. "Tropical fruit processing." (1st Edn.) pp 79-91 Academic Press Inc California U.S.A (1988).
- Johnson, G.I and L. M Coates "Postharvest diseases of mango" Postharvest News and Information" Vol 4 No. 1 (1993).

- Jordan, R.A. and Smith, L.G. "The responses of Avocado and Mango to Storage Atmosphere Composition." Proceedings of the sixth International Controlled Atmosphere Research Conference. pp 629-638 Cornell University Ithaco, New York (June 15-17 1993).
- Joseph, Ahrens M. "Mango: Postharvest hand." Cooperative Extension. University of California Davis U.S.A.(1993).
- Joseph, J.Jen. "Quality factors of fruit an vegetables" (1st. edn.) pp 5-7 American Chemical Society, Washington D.C (1989).
- Joslyn, M.A. "Methods in food analysis". (Second edn.) pp. 288-294 Acedemic press inc. U S.A. (1970).
- Kader, A.A. "Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres". Food Technology. 34 (3): 51-54 (1980).
- Kader, A.A. "Bioquemeical and physiological bases for effects of controllet and modified atmospheres on fruits and vegetables." Food Technology. 40 (5): 90-100, 102-104 (1986).
- Kader, A. and Mitcham, B. "Optimum procedures for ripening mangoes". Perishables Handling Newsletter Issue. 80, p. 16-17. (1994).
- Kane, O et P. Marcellin "Effects de l' atmosphère controlee sur le conservaton des mangues (variétés Amelie et Julie) Fruits vol. 34 n. 2: 123-129 (1979).
- King, R.D. "Developments in food analysis techniques" (1st. edn.) p. 1-106. Applied science publishers, Great Britain (1980).
- Klein, Joshua D. and Susan Lurie. "Postharvest heat treatment and fruit quality". Postharvest News and Information. Vol. 2 No. 15-19 (1991).
- Kramer, A. and Twigg, B.A. "Quality control for the food industry". (third edn) chap. 3, pp. 19-43. The Avi publishing company inc. U.S.A. (1981).
- Laksminarayana S. "Relation of time harvest on respiration chemical constituens and storage life of mangoes " Proc. Fla. State Hort. Soc. 88, 477-481 (1975).
- Laksminarayana, S. et al. "Effect of refrigerate Temeperatures on the incidence of chilling injuty and ripening quality of mango fruit" Proc. Fla. State Hort. Soc. 90: (1977).

- Lakshminarayana, S. And Subramanyan, H. "Carbon dioxide injury and fermentation decarboxilation in mango fruit at low temperature storage." *J. Food Sci. Technology* 7:148-152 (1970).
- Lataban Palazuelos-Espinosa Pérez. "Anteproyecto para la instalación de una planta procesadora de pulpa de mango en Sinaloa." Tesis. U.N.A.M. México D.F.(1991).
- Little, A.C. "Physical measurements as predictors of visual appearance". *Food technology*. 30:10 (1976).
- Mackawa, Takaaki. "On the mango, C.A. storage and transportation from subtropical to temperate regions in Japan." *Acta Horticultrae*. 269, 367-374. (1990).
- Manzo, P.L. and Lakshminarayana S. "The effect of different gas concentrations of the storage stability of mangoes (var. Alphonso) at room temperature". Unpublishers reseach results. M. Sc. (Food technology) Thesis (1972).
- Mata, M.M. y Tovar, G.B. "Producción y problemática del aprovechamiento del cultivo del mango en el estado de Nayarit" en "conservación e industrialización del mango, Cap. 2. Instituto Politécnico de Tepic. (1992)
- Mattoo, A.K. and V.V. Modi "Ethylene and ripening of mangoes" *Plant Physiology* 44, 308-310 (1969).
- McCollum, T. Gregory, Salvatore D'Aquino, and Roy E. McDonald. "Heat treatment inhibits mango chilling injury". *Hortscience* 28(3), 197-198. (1993).
- Mc Glasson, W.B. "Role of hormones in ripening and senescence" In *Postharvest biology and Biotechnology*. (Edited by Herber O. Hultin and Max Milner) Cap. 3 Food and Nutrition, Inc. Connecticut, U.S.A (1978).
- McGuire, R.G. "Reporting of objective color measurements" *Hortscience* vol. 27(12) 1254-1255 (1992).
- Medina, Dehonor Rubén. "Deshidratación de rebanadas de Mango C.V. Kent" Tesis Universidad Autónoma de Chapingo (U.A.Ch.). Chapingo México (1987).
- Metlitski, L.V. et al. "Controllet atmosphere storage of fruits" /1st. Edn.) pp. 1-4 Nath printers/Rusian traslations New Delhi (1986).
- Mitcham, J.E. and Ray E. McDonald. "Cell Wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruit" *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 117(6): 919-924 (1992)

- Montgomery, Douglas C. "Design and analysis of experiment" (third edn.) 78-79 John Wiley and sons Inc. USA (1991).
- Morales de León, Josefina C. "Frutas tropicales: características y propiedades fisico-químicas" *Tecnología de alimentos*. 11, 205-223 (1976).
- Nagy Steven, Ph. D. "Tropical and subtropical fruits". (1st Edn) p.184-257 The Avi Publishing Company, Inc. Connecticut U.S.A. (1980).
- Ocaranza, F.J. "Estudio técnico económico de una planta procesadora de variedades mejoradas de mango en Nayarit" Tesis Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. (1985).
- O' Hare, T.J.; Prosd, A. "The effect of temperature and carbon dioxide on chilling symptoms in Mango." *Acta Horticulturae*. 343, pp 244-250.(1993).
- O'Mahony, M. et al. "Sensory evaluation of high vacuum flame esterilized Clingstone peaches, using ranking and signal detection measures with minimal cross-sensory interference". *Journal of Food Science*. Vol. 48. 1626-1631 (1983).
- O'Mahony, M. "Adapting short cut signal detection measures to the problem of multiple difference testing: the R-Index" in *Sensory quality in foods and beverage*. (edited by Williams and Atkin), chap. 21, 69-81. Chapman Inc. Gran Bretaña (1983).
- O'Mahony, M. et al. "Sensory detection of off-flavors in milk incorporating short cut signal detection measures" *J. dairy Science* 62:12 1857-1864 (1979)
- Pelayo, S.C. "Almacenamiento de frutas en atmósferas controladas: Respuestas fisiológicas". Escuela Nacional de Fruticultura. CONAFRUT S.A.R.H. México, D.F. (1988)
- Potter, Norman N. "La Ciencia de los Alimentos" (1a. edn) pp. 141-144, 206 editorial Harla, México D.F. (1978).
- Protrade. "Manual de exportación: frutas tropicales y hortalizas". pp 18-20 Editado por la Sociedad Alemana de cooperación técnica. República Federal Alemana. (1992)
- Ryall, A L. and Penze W. "Handling, transportation and storage of fruits and vegetables" (1st. edn) The Avi Company Inc. 1974."
- Salms, J. "Food acceptance on nutrition" (1st. edn) Acedemic Press, U.S.A. (1987).

- Salunke, D.K. and Desai, B.B. "Postharvest biotechnology of fruit" . Vol I (Second printing), pp 77-91. CRC Press, Inc. Florida U.S.A. (1986).
- Salveit Jr., M.L. and Shang La Yang "Ethylene". Principles and practice of plant Hormone Analysis. Vol. II . (Edited by Laurent Rivier and Alen Crazier), chap 6. Academic Press. (1987).
- Samson, J.A. "Fruticultura tropical" (1a. edn.) pp 259-280 Editorial Limusa , México D.F. (1991).
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) e Instituto Nacional de Investigaciones forestales agropecuarias "Primera reunión técnica sobre Fruticultura en el noroeste de México" pp. 5-8, 198-201. Hermosillo Sonora, México. (1986)
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) "Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos". pp 272, 279, 300. México D.F. (1990-1992).
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) "Anuario estadístico del comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos" Tomo I, I.N.E.G.I. México D.F. (1993).
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) "Estrategia Nacional de mediano plazo (1992-1999) de desarrollo y promoción de exportadores de mango" Subsecretaría de Agricultura. México D F (Agosto de 1992)
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) "Sistema-Producto: Mango". p.11 Subsecretaría de Agricultura, México D F (Enero 1993)
- Shewfelt, R.L. "Postharvest treatment for extending the shelf life of fruit and vegetables". Food Technology, 5: 70-80 (1986).
- Seymour, G.B. Et al. "Effects of cultivar and harvest maturity on ripening of mangoes during storage" Journal of Horticultural Science 65 (-4) 479-483. 1990)
- Subramanyam, H. et al "Mango fruit" Advances in Food Research. 21, 224-296. New York, U.S.A. (1975).
- Thomas P. and M.P. Joshi "Reduction of chilling injury in ripe 'Alphonso' mango fruit in cold storage by temperature conditioning" International Journal of Food Science and Technology. 23, 447-455(1988).

- Tovar , Gómez B. "Deshidratación por aspersión de pulpa de mango (*Mangifera indica*) C.V. 'Kent'. Tesis Universidad Iberoamericana México D.F. (1990).
- Vázquez-Salinas, C. and Laskminarayana "Compositional changes in mango fruit during ripening at different storage temperatures". Journal of Food Science. 50(6) pp 1646-1648. (1985).
- Watada, Alley E. "Effects of ethylene of the quality of fruits and vegetables "Food Technology, 82-86 May (1986).
- Weichmann J. "The effect of C.A. storage of the sensory and nutritional quality of fruits and vegetables". Horticultural Review. vol. 8: 101-121 (1986).
- Wills, R.H.H. "Postharvest". (1st Edn) pp 60-70 Granada publishing. Great Britain.(1981).
- Wills, R.H.H. "Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección" (1a.edn.) pp. 1-68 Editorial Acribia, Zaragoza España (1984).
- Yahia, E.M. y col. "Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas"(1a. edn.) pp. 103-117 Editorial Limusa, México D.F. (1992)
- Yahia, E.M., "La tecnología de atmósferas modificadas y controladas" I Reunión Latinoamericana de tecnología postcosecha. pp 117-136 U.A.M. de Iztapalapa, México D.F (1992).
- Yang, S.F. "Regulation on ethylene biosynthesis" Hortsience, vol 15(3) June (1980).
- Yang, S.F. "Biosynthesis and action of ethylene. Hortsience, 20(1): 39-45 (1985).
- Yi, W.Ch. "Chilling injury of tropical horticultural commodities" Hortsience, Vol 29(9) September 1994.
- Zabala, L.M. "Conservación frigorífica y evaluación de daños por frío en Mango (*M. indica* L. C.V. *Mamila*)" Tesis. Universidad Autónoma de Chapingo (U.A.Ch). Capingo México (1988).
- Zagory, I. and Adel A. Kader "Modified atmosphere packaging of fresh produce". Food technology, 70-77 september (1988).