

300618

UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

ESTUDIO PARA PROLONGAR LA VIDA DE
ANAQUEL DEL MANGO CULTIVAR HADEN

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA

PRESENTA
NORMA PATRICIA CAMPOS ESQUERRA

DIRECTOR DE TESIS: ING. JORGE ENRIQUE GARCÍA ACEVEDO

México, D. F.

... a la Dirección General de Publicaciones 2003
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso
contiene de mi trabajo
NOMBRE: Norma Patricia Campos Esquerre
FECHA: 13/Ago/2003
LUGAR: PA

TESIS CON
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.

**TESIS
CON
FALLA DE
ORIGEN**

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	1
I. INTRODUCCIÓN	5
II. OBJETIVOS	12
A. OBJETIVO GENERAL	12
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
III. HIPÓTESIS	15
IV. METAS	16
V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	17
A. ANTECEDENTES DEL MANGO	17
1. Características generales del mango	19
a. Anatomía y morfología	20

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2

2.	Crecimiento y desarrollo del fruto del mango	21
B.	IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL MANGO EN MÉXICO	22
C.	DESCRIPCIÓN DEL MANGO CULTIVAR HADEN	29
D.	COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRIMENTAL	29
E.	EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO SOBRE LA CALIDAD DE LAS FRUTAS	32
1.	Almacenamiento a bajas temperaturas	33
2.	Desórdenes fisiológicos y su control	35
a.	Daño por frío	36
b.	Ablandamiento del pico (soft nose)	38
c.	Agrietamiento del fruto	39
d.	Aborto de embrión	39
3.	Calidad de los frutos	39
a.	Parámetros que definen la calidad del mango	41
a.1.	Firmeza	41
a.2.	Color	43
a.3.	Sólidos solubles totales	44
a.4.	Acidez titulable	46

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

F.	COMPORTAMIENTO RESPIRATORIO DEL FRUTO DE MANGO	51
1.	Respiración	51
a.	Producción de etileno	53
G.	APLICACIÓN DE PELÍCULAS SUPERFICIALES EN EL FRUTO	56
1.	Propósitos de la película	57
2.	Aditivos para las películas	60
3.	Clases y aplicaciones	61
4.	Precauciones	62
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	72
A.	MATERIALES	72
1.	Materia prima	72
a.	Selección de las muestras	72
b.	Tratamientos	73
c.	Almacenamiento	74
d.	Muestreo	74
2.	Reactivos químicos	75
a.	Preparación de las películas	75
a.1.	Preparación de Britex	75
a.2.	Preparación de Semperfresh (película comestible)	75

4

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. Equipo de laboratorio utilizado	76
B. MÉTODOS	77
1. Análisis físicos en mango	77
a. Pérdida de peso	77
b. Firmeza	78
c. Color externo e interno	79
2. Análisis químicos del mango	80
a. Determinación de pH y acidez titulable	80
b. Sólidos solubles totales	81
3. Análisis fisiológicos	82
4. Análisis estadístico	83
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	84
A. ANÁLISIS FÍSICOS DEL MANGO	84
1. Pérdida de peso	84
2. Firmeza	87
3. Color	89
a. Color externo (cáscara) de mango	89
b. Color interno (en pulpa) de mango	91

5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	93
1. PH	93
2. Acidez titulable (% ácido cítrico)	95
3. Sólidos solubles totales (° Brix)	97
4. Relación ° Brix/acidez (RBA)	99
C. COMPORTAMIENTO RESPIRATORIO DEL FRUTO DEL MANGO	101
1. Respiración	101
VIII CONCLUSIONES	103
IX. BIBLIOGRAFÍA	105

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. La producción de mango (miles de toneladas) en algunos países.	27
Cuadro 2. Variación de la producción (miles de toneladas) de mango en México.	27
Cuadro 3. Época de cosecha del mango en México.	28
Cuadro 4. Composición nutrimental de la fruta de mango.	31
Cuadro 5. Clasificación de frutas y hortalizas de acuerdo a su rango de respiración.	55

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pérdida de peso de mango cv. Haden almacenados por 15 días a 12 °C y 12 días a 20 °C	86
Figura 2. Comportamiento de la firmeza en los frutos de mango cv. Haden	88
Figura 3. Color externo expresado en °Hue para mangos cv. Haden	90
Figura 4. Color interno expresado en °Hue para mangos cv. Haden	92
Figura 5. Comportamiento de pH en los frutos de mango cv. Haden	94
Figura 6. Comportamiento de la acidez titulable en mango cv. Haden	96
Figura 7. Comportamiento de los °Brix bajo los tres tratamientos en frutos de mango cv. Haden	98
Figura 8. Relación °Brix/acidez (RBA) en mangos cv. Haden	100
Figura 9. Actividad respiratoria del fruto de mango cv. Haden	102

AGRADECIMIENTOS

Realizar un trabajo como éste, en este momento y a estas "alturas" de mi vida, tiene para mí muchos significados y, por lo tanto, mucho qué y a quiénes agradecer.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios que me haya permitido vivir 22 años más, después del tiempo en que este trámite debió haberse realizado, en 1980, cuando una primera tesis se quedó inconclusa. A Él mismo, por proporcionarme durante todo este tiempo todas las oportunidades de vivir experiencias y dotarme de los elementos, así como de crearme la necesidad, que ahora me condujeron a tomar la decisión de, finalmente, acometer esta parte inconclusa de mi vida. Pues, pertinente o no, "recibirme" de Ingeniero Químico 22 años después de haberme graduado representa para mí la conclusión de una etapa de mi vida, cuyo valor no radica en la obtención de un título, sino en el logro *per se*.

En este periodo de tiempo, más personas han aparecido en mi vida a las que, primero que nada, quiero

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

agradecer: a mis cuatro hijos. Pudiera resultar paradójico pensar que gracias a ellos también puedo concretar este episodio, pues su presencia en mi vida dio un giro que me alejó temporalmente de mis actividades académicas con relación a la tesis. Sin embargo, es gracias a ellos que tuve la motivación de ser modelo de constancia y de probar que nunca es tarde... Además, les agradezco su paciencia y confío en su comprensión a los tiempos dedicados a este trabajo, robados de un valioso tiempo compartido con ellos. Gracias, hijos.

A mi esposo, Nacho, que por sus características y expectativas del matrimonio no le ha resultado fácil convivir con alguien como yo, que nunca ha dejado de lado la vida profesional y las inquietudes de seguir estudiando. Agradezco su paciencia y comprensión. Gracias, panzón.

Sin mis papás, dispuestos siempre a colaborar en mis proyectos y a participar ayudándome con mis tareas de mamá y ama de casa, nada de esto hubiera sido posible. A ellos les agradezco también.

A mi gran amiga, Alma, que ha sido compañera de reflexiones y me ha ayudado a poner orden en las prioridades de mi vida. Por lo que sus "porras" a mi

persona han colaborado para tenerme más fe. Muchas gracias, amiga.

A Malos y Javier, por su hospitalidad durante los días pasados en su casa en el D.F. donde era necesario visitar la Universidad para los trámites de este proyecto.

A Oscar y Erika, a quienes considero grandes personas y quienes han sido para mí una gran ayuda en la consecución de este logro. Eternas gracias por todo.

A Jorge Miranda, más que un asistente, un buen amigo; por ayudarme a "teclear" el trabajo, tarea nada atractiva sobre todo cuando el tema no tiene nada que ver con la actividad propia de quien la realiza. Mil gracias, Jorge.

A Jorge García Acevedo, quien desde hace 26 años mantiene ese espíritu optimista y jovial y logra, al menos en mi persona, hacer sentir la confianza de que todo se puede lograr. Por su apoyo, su orientación, su entusiasmo y su dedicación a darle forma a este dilatado proyecto.

A José Luis González, por conservar el recuerdo de alumnos tan lejanos y confiar y dar apoyo. Así me hizo sentir su buena voluntad de poner los medios para este proyecto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

...Y sé que en esto de agradecer a uno por uno se corre el riesgo de omitir por no considerar otros aspectos que tocan al evento. Por ello, asumo la responsabilidad de la omisión sin intención.

Norma Campos de Díaz
Culiacán, Sin.
Diciembre de 2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha observado un cambio en los hábitos de consumo y preferencias de los pobladores de países desarrollados; se ha incrementado la demanda de productos agrícolas como consecuencia de un desplazamiento del consumo de carne y otros productos de origen animal. Aunado a todo esto, existe un gran avance en tecnología de producción, transporte y almacenamiento de productos hortofrutícolas, que ha creado las condiciones necesarias para el incremento dinámico del comercio mundial de estos productos, propiciando con ello una mayor disponibilidad de mercado a un menor precio de adquisición.

México es un país rico en materia agrícola. Su mercado ofrece una amplia gama de productos que pueden competir en calidad con cualquier otro país; sin embargo, no se cuenta con la tecnología necesaria para el aseguramiento de la *calidad en*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

fresco de nuestros productos. Es por ello que se requiere desarrollar tecnología post-cosecha que nos permita competir en los mercados internacionales. Esto constituye un gran reto para nuestro país.

La investigación en el área de Fisiología y Tecnología Post-cosecha en México es muy reducida. La mayor parte se ha concentrado en los factores pre-cosecha, como son el mejoramiento genético, adaptabilidad de cultivos, fertilización, irrigación y control de insectos y enfermedades. Si bien es cierto que los factores pre-cosecha impactan en la calidad post-cosecha, también debe darse un mayor peso a los segundos debido a que un mal manejo de éstos puede dañar todo un trabajo previo bien realizado.

Alargar la vida de anaquel de los frutos para asegurar la calidad en fresco de los mismos, representa un objetivo importante para los investigadores en esta área. La aplicación de

ceras y películas en los frutos es una técnica de conservación que ha sido muy utilizada en el almacenamiento y transporte de algunos productos hortofrutícolas. En este trabajo, se generó información sobre el comportamiento de las ceras y películas comestibles aplicadas a mango variedad (cv.) Haden desde el punto de vista de calidad y vida post-cosecha.

Con respecto a los cultivos agrícolas, los países en vías de desarrollo tienen un aprovechamiento notablemente inferior al de los países industrializados, pues para la mayoría de los cultivos agrícolas sólo se cosecha un 30% de la biomasa total producida y las pérdidas de material cosechado se acercan a un 50%, por lo que es deseable la implementación de tecnologías tendientes a lograr el aprovechamiento integral de los cultivos⁽¹⁾.

El mango (*Mangifera indica* L) es una de las principales frutas cultivadas, ocupando el quinto

lugar mundial por su producción (19.2 millones de ton) ⁽²⁾ . El principal productor es la India con 12 millones de toneladas por año, mientras que México, con una producción anual cercana a 1.36 millones de toneladas, ocupa el tercer lugar ⁽³⁾ .

En México, las zonas de producción más importantes se localizan en la Costa del Pacífico y el Golfo de México⁽⁴⁾. Los principales estados productores son Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Nayarit, Michoacán y Sinaloa ⁽⁵⁾, aunque con fines de exportación, destacan los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Colima en la costa del Pacífico, en donde se producen variedades de mayor aceptación, tales como Keitt, Haden, Tommy Atkins y Kent ⁽⁶⁾.

Los mangos son consumidos como aperitivo. Es la fruta más popular en el Oriente y ha sido descrita como "el rey de todas las frutas". Su porción comestible es entre 60 y 75% del peso de la fruta ⁽⁷⁾. Su valor alimenticio no es, en absoluto,

despreciable, con un contenido de azúcar normalmente entre el 10 y 20% y un contenido de proteínas en torno al 0.5%, siendo una buena fuente de vitaminas A y C ⁽⁸⁾.

Debido a que la exportación de mango es cada vez más importante y sus periodos de traslados durante su transporte son prolongados, es necesario alargar la vida de anaquel de dichos productos. Es por ello que en el presente trabajo, realizado en el estado de Sinaloa, se evaluó el comportamiento post-cosecha de frutos tratados con ceras y películas comestibles, como una alternativa del fruto para prolongar la vida de anaquel sin que el fruto pierda sus excelentes características sensoriales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

NOTAS DE PIE

- (1) Leal-Lara, H. La importancia del Papel de la Lignina en la Utilización de los Desperdicios Agrícolas. México, D.F. 1982, pp.82
- (2) Knight, R.J. y Schnell, R.J. Mango Introduction in Florida and the Haden Cultivars Significance to the modern industry. E.U.A. 1994.pp.140
- (3) FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Anuario de la Producción de la FAO 1997. Pp.15
- (4) Velazco-Cárdenas. El Mango en México. Descripción, Cultivo, Mejoramiento y Utilización. Comisión Nacional de Fruticultura. Palo Alto, México, D.F. 1974 pp. 40
- (5) SARH. Sistema-Producto Mango. 1993. pp.16
- (6) Báez-Sañudo y col. Determinación de Índices de Madurez de los Principales Cultivares de Mango productos en México. México, D.F. Proc. Interament. 1993. pp.152

- (7) Samson, J.A. Mango, Avocado and Papaya. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa, 1980 pp.23
- (8) Galán-Sauco, V. Mango (*Mangifera indica* L.) Los Frutales Tropicales en los sub-trópicos. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. 1990, pp.35

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente estudio es evaluar la calidad post-cosecha en frutos de mango cultivar Haden de la región de Sinaloa, tratados y no tratados con la aplicación de ceras (Britex) y películas comestibles (Semperfresh), como una posible alternativa para prolongar la vida de anaquel del fruto.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la calidad física (pérdida de peso, color interno y externo y firmeza) en mangos cv. Haden, testigos y tratados con la aplicación de ceras (Britex) y películas comestibles (Semperfresh) almacenados bajo diferentes condiciones, durante 15 días y a una temperatura de 12° C y

transferidos a 20° C por 12 días (simulación de mercadeo).

2. Determinar la calidad química (sólidos solubles, pH y acidez titulable) en mangos cv. Haden, testigos y tratados con la aplicación de ceras (Britex) y películas comestibles (semperfresh) almacenados bajo diferentes condiciones, almacenados 15 días a 12° C y transferidos a 20° C por 12 días (simulación de mercadeo).

3. Determinar el comportamiento fisiológico (producción de dióxido de carbono y etileno) en mangos cv. Haden, testigos y tratados con la aplicación de ceras (Britex) y películas comestibles (semperfresh) almacenados bajo diferentes condiciones por 15 días a 12° C y

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

transferidos a 20° C por 12 días como
simulación de mercadeo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III. HIPÓTESIS

1. Los frutos de mango cv. Haden aumentarán su vida de anaquel al aplicarles ceras y películas comestibles.
2. El efecto de la película comestible (Semperfresh) en el fruto es superior al efecto de la cera Britex, conservando la calidad física, química y fisiológica del mango variedad Haden.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV. METAS

Se espera generar información que pueda ser utilizada por los agricultores, y principalmente por los exportadores de mango, para que empleen ceras y películas comestibles que aumenten la vida de anaquel del fruto y permitan que éstos lleguen a su destino final en óptimas condiciones para servir de alimento.

Se demostrará que el uso de ceras y películas comestibles es una opción para aumentar la vida de anaquel del mango cv. Haden y que su aplicación no afecta las características de calidad ni las propiedades sensoriales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. ANTECEDENTES DEL MANGO

El mango *Mangifera indica* L. se originó en el noroeste de la India (Assam), en las regiones Indo-Birmánica y las montañas de Chittagong en Bangladesh, donde todavía lo podemos encontrar de manera silvestre. Se ha cultivado por más de 4,000 años en la India, de donde se dispersó como cultivo a otras áreas tropicales y subtropicales del mundo ⁽¹⁾.

Para México se han realizado tres introducciones importantes de este atractivo frutal:

- La primera se hizo a fines del siglo XVIII, cuando el mango Manila fue traído por los españoles en la Nao China desde Manila al Puerto de Acapulco. Este es el cultivar más dominante y preferido por los consumidores en el mercado nacional.

- La segunda introducción ocurrió a principios del siglo XIX desde las Antillas a la Costa del Golfo de México. En este caso predominaron los mangos llamados criollos, con amplia variabilidad. De estos cultivares se han seleccionado variedades locales como el Diplomático y el Oro, que se cultivan en pequeñas áreas y presentan el principal mercado de forma regional.

- La tercera introducción de germoplasma de mango la hicieron viveristas particulares en la década de los 50's. Se importaron algunos de los cultivares obtenidos en el estado de Florida, E.U.A. al estado de Guerrero. Estos cultivares se propagaron por injerto y se diseminaron primeramente por los estados del Pacífico Centro y Norte, y más tarde en las regiones tropicales del país. Entre estos cultivares se encuentran los mangos

Haden, Kent, Keitt, Irwin, Zill y Sensation; a los cuales se les llamó "mangos petacones". Este fue el inicio de la producción moderna del mango en México (2).

1. Características generales del mango

El fruto del mango es fresco, contiene pulpa comestible y una semilla con capa muy dura y rugosa (3). Este fruto pertenece a la familia ANACARDIÁCEAS de las dicotiledóneas, la cual consiste de 64 géneros. Es una planta arbórea erecta, la cual se desarrolla principalmente en las zonas costeras de los trópicos con temperaturas que oscilan entre los 21°C y los 27°C y en suelos con buen drenaje (4). El árbol es siempre verde y puede alcanzar una altura entre los 10 y 40 mts. (5). Generalmente empieza a producir frutos entre los 5 y los 7 años de edad y tiene un promedio de vida útil de 70 años (6).

a. Anatomía y morfología

El patrón de crecimiento de la fruta es sigmoidal y continúa hasta la maduración, aunque su velocidad de crecimiento disminuye en la etapa final. El fruto es carnoso clasificado como una drupa aplanada, la cual varía considerablemente en tamaño, forma, color y sabor ⁽⁷⁾. La forma puede ser de redonda a ovalada oblicua variando en longitud de 5 a 30 cm en diferentes variedades y en peso fluctúa de frutos pequeños (menor a 100 gr) hasta aquellos mangos tan grandes que pesan 2 kg ⁽⁸⁾. El color de la cáscara puede ser amarillo, anaranjado o verde con chapeos de colores que pueden oscilar de entre rojo claro a morado oscuro. El "pico" es una de las características que distingue el fruto del mango, el cual es una pequeña proyección cónica desarrollada lateralmente en el extremo de la fruta. La cáscara (exocarpio) es normalmente lisa con lenticlas en forma de pequeñas manchas corchosas circulares de color blanco, amarillo y hasta café (dependiendo del

estado de madurez). La pulpa (mesocarpio) es de color amarillo-anaranjado y ocupa del 65 al 85% del peso total de la fruta. La semilla (endocarpio) es normalmente de un tamaño grande y cubierta con una capa fibrosa, delgada y dura ⁽⁹⁾. Este cultivar contiene 84% de agua, de 10 a 20% de azúcares y un 0.5% de proteínas ⁽¹⁰⁾.

2. Crecimiento y desarrollo del fruto de Mango

El fruto de mango presenta un ciclo de vida donde se comprenden cuatro estados de desarrollo, los cuales son:

- Juvenil. Tiene una duración aproximada de 21 días después del amarre del fruto y se caracteriza por un rápido crecimiento celular.
- Estado de máximo crecimiento. Dura de 21 a 49 días después del amarre del fruto.

- Maduración. Dura de 49 a 77 días después del amarre del fruto y se caracteriza por un aumento en la respiración de la fruta (aumento climatérico) y por su maduración; y
- Senescencia. Es la fase del desarrollo que se extiende de la madurez total a la muerte del tejido ⁽¹¹⁾.

El patrón de crecimiento del fruto del mango es diferente de muchas otras frutas de hueso ya que presenta una curva de crecimiento tipo sigmoide simple en lugar de una doble sigmoide. La temperatura mínima de crecimiento de la fruta es de 10° C, la óptima de 25° C y la máxima de 42° C ⁽¹²⁾.

B. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL MANGO EN MÉXICO

El mango es una de las frutas más populares, además de ser de las más importantes

en el comercio internacional de frutas. La fruta tiene un efecto laxante, diurético, astringente y refrescante, también es una buen fuente de las vitaminas A y C, tiamina y niacina, calcio, fósforo y hierro, entre otros componentes nutricionales ⁽¹³⁾.

El mango se produce en varios países en el mundo, entre los que destacan la India, México, Brasil, Filipinas, Paquistán, Tailandia, Egipto, Indonesia, Venezuela, Haití, entre otros, produciendo actualmente más de 1.2 millones de toneladas métricas anuales ⁽¹⁴⁾. En nuestro país, las primeras huertas de mango se establecieron en los estados de Guerrero, Colima, Jalisco y Sinaloa, correspondientes a los de la Costa del Pacífico, y en el estado de Veracruz en la Costa del Golfo ⁽¹⁵⁾. Actualmente, el mango se cultiva en 26 de las 32 entidades del país. Sin embargo, la mejor zona productora es la Costa Occidental que incluye parte de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Veracruz, Oaxaca y parte de Chiapas; donde Veracruz, Oaxaca, Nayarit, Sinaloa

y Guerrero son los estados de mayor producción en orden de importancia ⁽¹⁶⁾.

México es el principal exportador de la fruta de mango ⁽¹⁷⁾ y cabe señalar que la producción de mango se ha incrementado significativamente en los últimos años ⁽¹⁸⁾. A nivel mundial se producen 22.27 millones de toneladas métricas, en una superficie aproximada de 2.1 millones de hectáreas.

En México, la superficie cultivada de mango es de aproximadamente 152, 103 hectáreas, con una producción anual cercana a 1'358,944 toneladas, cantidad que sólo es superada por la producción de cítricos y plátano, representando cerca del 6.1% de la producción mundial. La producción nacional de esta fruta se consume internamente, el 86%, mientras que el 14% restante se destina a la exportación ⁽¹⁹⁾.

Las exportaciones mundiales de mango fresco alcanzaron en 1997 la cantidad de 351,000 toneladas, con un valor superior a los 303 millones de dólares, siendo los principales mercados de exportación: Estados Unidos, Canadá, Japón y Europa. México es el principal exportador de mango en el mundo y participa con el 53.4% del volumen exportado ⁽²⁰⁾.

Dentro de las variedades de mango que más se exportan se encuentran la variedad Kent, Haden, Tommy Atkins y Keitt. Los principales estados productores del fruto en el país son: Veracruz, Nayarit, Sinaloa, Colima, Michoacán, Oaxaca, Chiapas y Guerrero (Cuadro 2); alcanzando en conjunto cerca del 85% de la exportación nacional. El período de exportación comprende de enero a septiembre, alcanzándose cerca del 70% en los meses de junio a agosto ⁽²¹⁾ (Cuadro 3).

En Sinaloa, los productores cosechan anualmente un promedio de 17,500 hectáreas de mango, obteniendo alrededor de 92,000 toneladas al año del fruto. Para el ciclo de 1996 se exportaron 36,000 toneladas ⁽²²⁾, considerando esta cifra de un valor económico significativo para el estado.

Debido a su extensa distribución geográfica, este fruto es cultivado en una amplia región del país, las épocas de cosecha y empaque inician en marzo en las regiones sur del país y terminan en octubre en las regiones del norte. Estas actividades generan un gran número de empleos, así como importantes divisas por la comercialización hacia el exterior, la cual alcanza un volumen cercano a las 50 mil toneladas anuales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 1. La producción de mango (miles de toneladas) en algunos países.

País	Producción		
	1999	2000	2001
India	11,400	11,500	11,500
China	3,127	3,211	3,215
México	1,508	1,559	1,459
Tailandia	1,350	1,350	1,350
Indonesia	827	876	950
Pakistan	927	938	938
Filipinas	866	848	884
Nigeria	729	729	729
Otros	3,924	4,025	4,079
Total	24,658	25,036	25,104

Fuente:FAO, 2001.

Cuadro 2. Variación de la producción (miles de toneladas) de mango en México.

ENTIDAD	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Veracruz	283.9	263.1	306.0	240.2	173.8	267.5	117.7	258.7
Michoacán	70.8	68.0	67.6	101.1	84.1	96.1	114.3	116.7
Nayarit	85.0	109.8	85.3	172.9	183.9	175.2	211.2	247.2
Guerrero	172.4	166.8	143.2	165.6	189.2	184.2	198.5	182.2
Sinaloa	79.1	134.9	86.2	98.7	91.1	90.7	103.0	114.5
Oaxaca	205.8	192.1	207.2	181.0	181.8	160.9	160.0	163.4
Chiapas	72.4	37.8	40.6	44.9	76.0	187.0	21.8	91.0
Colima	33.2	40.7	34.2	45.3	55.0	65.0	80.5	67.0
Otros	71.9	104.8	101.6	101.5	113.6	115.5	114.1	108.3
TOTAL	1,074.4	1,117.9	1,073.9	1,151.2	1,148.4	1,342.1	1,121.1	1,358.9

Fuente: FIRA, 1997.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 3. Época de cosecha del mango en México.

ENTIDAD	Meses del año											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Veracruz												
Michoacán												
Nayarit												
Guerrero												
Sinaloa												
Oaxaca												
Chiapas												
Colima												
Jalisco												
Campeche												
B. Calif. Sur												

Fuente: FIRA, 1997.

C. DESCRIPCIÓN DEL MANGO CULTIVAR HADEN

El mango cv. Haden es una fruta cuyo tamaño varía de mediano a grande (14 cm de largo y 600g de peso), de forma oval y regordeta; el color de fondo es amarillo combinado con un rojo carmesí y numerosas lenticelas blancas, produciendo una apariencia abigarrada atractiva. Los hombros son bien desarrollados en la terminación del pedúnculo. La pulpa es firme, jugosa con una cantidad moderada de fibra, con sabor ligeramente ácido y de buena calidad. La semilla es relativamente pequeña y ocupa alrededor del 8% del peso total de la fruta ⁽²³⁾.

D. COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRITIVO

El mango es una buena fuente de vitaminas A y C. Los frutos de mango jóvenes son astringentes ácidos y ricos en vitamina C, mientras

que los mangos maduros son dulces, ricos en vitamina A, moderados en vitamina C y altamente aromáticos. El aroma de la fruta se debe a varios compuestos químicos que caracterizan a ésta, dependiendo de su estado de desarrollo⁽²⁴⁾. La cantidad de vitaminas en mangos, no sólo varía de mango joven a maduro, sino también de cultivar en cultivar dependiendo de su origen⁽²⁵⁾. El contenido de proteínas es bajo. Algunos de los aminoácidos esenciales presentes incluyen lisina, valina, arginina y fenilalanina. La vitamina C es de alto contenido en la cáscara mientras que en la pulpa disminuye en forma paulatina conforme avanza la maduración del fruto. La beta-caroteno (provitamina A) es alrededor del 60% del contenido total de los carotenoides. Sin embargo, se identifican alrededor de 15 compuestos de carotenoides, incluyendo luteoxantina, violaxantina, cis-violaxantina, etc. ⁽²⁶⁾. Ver el cuadro 4.

El almidón en la pulpa aumenta constantemente a partir de la cuarta semana

aproximadamente. La acidez titulable aumenta hasta la mitad del desarrollo del fruto para luego disminuir abruptamente en las etapas finales de desarrollo. La relación de azúcares no reductores (sacarosa) a los azúcares reductores se incrementa durante la maduración de la fruta ⁽²⁷⁾.

Cuadro 4. Composición nutrimental de la fruta de mango.

Análisis	Contenido
Agua(%)	75-84
Sólidos solubles totales	16-21
Azúcares totales (%)	13.5-21.0
Azúcares reductores	3.2-6.8
Azúcares no reductores	6.0-12.0
Acidez(%)	0.11-0.80
PH	3.8-5.8
Vitamina C (mg/100g)	14-60
Carotenos totales (mg/100g)	900-9000
↓-carotenos (mg/100g)	270-4700
Tiamina (mg/100g)	0.08
Riboflavina (mg/100g)	0.09
Niacina (mg/100g)	0.9
Proteínas (%)	0.6
Grasa (%)	0.4
Fibra cruda (%)	0.7
Minerales (%)	0.4

Fuente: Yahia., 1997.

E. EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO SOBRE LA CALIDAD DE LAS FRUTAS

El almacenamiento y la maduración son dos factores importantes para la calidad del mango. El almacenamiento se utiliza con el propósito de extender la vida post-cosecha y retardar la maduración de los frutos una vez que han sido cosechados⁽²⁸⁾. Los trabajos realizados desde principios del siglo 20 han recomendado una serie de condiciones de almacenamiento por refrigeración.

La temperatura apropiada para el almacenamiento del mango es de 10° a 13° C con una humedad relativa de 85-90% y pueden mantenerse de dos a cuatro semanas⁽²⁹⁾. Algunas variedades de mango como Tommy Atkins e Irwin pueden almacenarse por tres semanas a 10° C; otras como Haden y Kent son muy susceptibles al frío. La mayoría de los mangos no toleran

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

temperaturas por debajo de 10° C y esto se manifiesta en daños como "escaldado", decoloración y picado en la piel, desarrollo de color y maduración no uniforme ⁽³⁰⁾.

La temperatura óptima para la maduración del mango es de 21° a 24°C, mientras que las temperaturas mayores producen sabores anormales. Las temperaturas de 15° a 18° C acentúan el color del fruto; pero resultan en sabor agridulce. Estos frutos pueden madurarse en dos o tres días adicionales a una temperatura de 21° a 24° C para que se desarrolle la dulzura total ⁽³¹⁾.

1. Almacenamiento a bajas temperaturas

El almacenamiento a bajas temperaturas de frutas y hortalizas es extremadamente exigente, tanto en lo que respecta al diseño de la maquinaria como al funcionamiento del almacén ⁽³²⁾.

El almacenamiento de los frutos y hortalizas a bajas temperaturas ejerce efectos deseables debido a que frena la actividad respiratoria y el ritmo metabólico. Sin embargo, las bajas temperaturas no frenan en la misma extensión todos los aspectos del metabolismo, porque algunas reacciones son sensibles al frío y se detienen por completo a temperaturas inferiores a la temperatura crítica. El descenso de la temperatura no frena la actividad de otros sistemas en la misma medida que la respiración; se produce por ello una acumulación de los productos de reacción, siendo probable que también descienda la concentración de reaccionantes, todo lo contrario de lo que ocurre en los sistemas resistentes a bajas temperaturas ⁽³³⁾.

El mango es una fruta tropical muy susceptible a las bajas temperaturas y el almacenamiento prolongado en estas condiciones con el objetivo de retrasar la maduración y

senectud del fruto induce desórdenes fisiológicos (34).

2. Desórdenes fisiológicos y su control

Las frutas y los vegetales están sujetos a numerosos desórdenes fisiológicos, los cuales pueden ser consecuencia de exposiciones a temperaturas extremas o a niveles altos de etileno, bióxido de carbono y oxígeno (35).

Los desórdenes fisiológicos son aquellas anomalías que se desarrollan en la fruta debido a un desequilibrio metabólico que ocurre en pre o en post-cosecha y que no se debe a causas microbiológicas o entomológicas. Estos desequilibrios metabólicos ocurren principalmente debido a deficiencias nutricionales y a efectos ambientales como la temperatura o la modificación atmosférica (36). Entre los principales desórdenes fisiológicos sufridos por el mango tenemos los siguientes:

a. Daño por frío

A temperaturas bajas, por arriba de la temperatura de congelación, el mango sufre un tipo de desorden denominado "daño por frío". Los síntomas se caracterizan por presentar zonas hundidas y grisáceas en la cáscara, una maduración anormal y heterogénea, poco desarrollo de color, pobres características organolépticas (de sabor y olor), aumento en la susceptibilidad a marchitarse, así como sensibilidad a ataques por patógenos. Básicamente los daños se presentan a temperaturas menores de 10° a 13° C dependiendo de la variedad, temperatura y período de exposición. Todas las variedades de mango son sensibles a este desorden, sin embargo, el tiempo necesario para la aparición del daño varía entre los diferentes cultivares. Por ejemplo, el mango Haden no tolera temperaturas menores de 13° C mientras que el mango Tommy Atkins puede mantenerse a 10°C. Las frutas inmaduras generalmente son más

sensibles que las frutas maduras. Los síntomas normalmente se hacen visibles hasta después de mantener la fruta en temperatura ambiente por alrededor de 2 días ⁽³⁷⁾.

La causa metabólica de este desorden aún no es muy conocida, pero existen varias teorías que indican que el frío influye sobre la estructura y el funcionamiento de las membranas en la célula ⁽³⁸⁾. Debido a la sensibilidad del mango al frío, los mangos no pueden ser almacenados a bajas temperaturas y consecuentemente tienen una corta vida postcosecha.

Las medidas más adecuadas para evitar el problema del daño por frío es mantener la fruta a temperaturas seguras. Éstas oscilan entre 10° y 13° C dependiendo de la variedad y su estado de madurez. Todas las variedades de mango pueden dañarse a temperaturas menores de 10° C. Otras medidas que pueden disminuir la sensibilidad de la fruta y reducir el daño incluyen la exposición de la

fruta a tratamientos térmicos (aire caliente) a 38° C por hasta 24 horas y el mantenimiento en atmósferas modificadas y controladas de alrededor de 5% de O₂ y/o 5 a 10 % de CO₂ ⁽³⁹⁾.

b. Ablandamiento del pico ("soft nose")

El llamado "soft nose" es un desorden que parece como un ablandamiento de la pulpa en la parte central hacia el pico del fruto. La causa de este desorden es desconocida pero se relaciona con lo siguiente:

- Bajo contenido de calcio en el tejido del mesocarpio
- Un exceso de la fertilización con nitrógeno
- Un pH ácido del suelo

Algunas de las medidas de control consisten en la aplicación de fertilizantes potásicos o la aplicación de calcio en pre-cosecha ⁽⁴⁰⁾.

c. Agrietamiento del fruto

Este desorden consiste en el rompimiento y apertura del fruto que lo hace susceptible al desarrollo de enfermedades como antracnosis. Este desorden se presenta al aplicar un riego pesado después de una temporada prolongada de sequía ⁽⁴¹⁾.

d. Aborto del embrión

Aparentemente, éste se debe a que se lleva a cabo la polinización pero no se lleva a cabo la fertilización. Este desorden ocurre con frecuencia en variedades como Irwin y Haden ⁽⁴²⁾.

3. Calidad de los frutos

El metabolismo de los frutos en post-cosecha se ve afectado adversamente a

temperaturas elevadas, provocando una pérdida completa de la calidad.

En general, las frutas almacenadas a temperaturas elevadas tienen una maduración anormal y pueden presentar manchas negras en la piel o no desarrollar un buen sabor, así como también presentar una pigmentación heterogénea, un ablandamiento anormal y una disminución en la producción de etileno ⁽⁴³⁾.

Según su termotolerancia, Couey (1989) realizó una clasificación de las frutas en tolerantes y sensibles al calor ⁽⁴⁴⁾. En las primeras quedaron el plátano, el mango, la pera y la litchi; y en las segundas, el durazno, la frambuesa, el chile Bell y el melón. Sin embargo, la termotolerancia es dependiente del cultivar, tamaño, madurez y manejo de la post-cosecha de la fruta. En este contexto, también la calidad del mango puede verse afectado con el tratamiento hidrotérmico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

a. Parámetros que definen la calidad del mango

Según la Norma Mexicana de Calidad para Mango Fresco, los principales parámetros que definen la calidad del mango son: firmeza, color, sólidos solubles totales y la acidez titulable ⁽⁴⁵⁾.

a.1. Firmeza

Se define como la consistencia dura y blanda de la fruta y hortaliza según sea el caso. La firmeza nos indica el grado de turgencia o frescura de un fruto y se mide frecuentemente mediante el uso de instrumentos objetivos ⁽⁴⁶⁾. Para determinar este parámetro de calidad se utiliza principalmente un penetrómetro con aditamentos adecuados según sea la forma del fruto a evaluar. Los resultados que se obtengan por el esfuerzo necesario para romper la pulpa para el caso de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

mango se expresan en kilogramos-fuerza (kf-f), Newton (N) o libra-fuerza (lb-f).

Según la Norma Mexicana de Calidad para Mango Fresco se reporta que mangos de las variedades Haden, Tommy Atkins, Kent y Keitt, deberán presentar un valor de firmeza al corte de 18.79, 20.38, 20.61 y 20.95 kg-f, respectivamente (47).

Ulrich (1978), Rojas (1983) y Hardenburg et al., (1986) mencionan que la pérdida de firmeza en los frutos es un proceso normal que se presenta en la etapa de maduración cuando ocurren muchos cambios químicos, tales como la transformación de materiales pépticos que cementan las paredes celulares, así como la hidrólisis de las redes de almidón (48).

a.2. Color

Uno de los principales atractivos de frutas y hortalizas es su color, ya que es el principal factor que atrae la atención del consumidor ⁽⁴⁹⁾. La apariencia visual de las frutas y vegetales frescos es una de las primeras evaluaciones realizadas por el comprador, ya sea mayorista, intermediario o consumidor. Frecuentemente, la apariencia del producto es el factor más crítico en la compra inicial (además del precio), mientras que las adquisiciones siguientes estarán más relacionadas con la textura y el sabor ⁽⁵⁹⁾.

En el caso particular del mango, éste desarrolla diferentes tonalidades de color en la cáscara que lo hacen agradable a la vista. Existen dos métodos para realizar la medición del color: uno de manera objetiva y el otro de manera subjetiva. El método objetivo consiste en utilizar equipos electrónicos específicos para estas mediciones, tal es el caso de los colorímetros. El

método subjetivo (evaluación sensorial) se realiza mediante la aplicación del sentido de la vista de las personas encargadas de hacer dichas mediciones.

Se ha establecido que el uso de instrumentos para la medición de color en diversos objetos es más efectiva que un análisis sensorial, ya que proporciona valores de color en base a la integración de señales captadas usando coordenadas x , y , z ⁽⁵¹⁾. Para la clasificación de los colores de manera objetiva, se pueden descomponer en sus tres elementos primarios: "tono" (color) como ángulo de matiz, "claridad" (luminosidad) y "croma" (saturación). Así, estos tres elementos son las principales características del color.

a.3. Sólidos solubles totales

Los patrones o normas de madurez de muchos frutos están frecuentemente basados en el contenido de sólidos solubles, ya que cuando las

frutas maduran, la concentración de sólidos en el jugo cambia, y puede ser medido con un refractómetro o con un hidrómetro. Estas mediciones se basan en utilizar la propiedad de los sólidos para detener o refractar un rayo de luz, de forma proporcional a su concentración en los líquidos ⁽⁵²⁾.

Los sólidos solubles están representados por los azúcares, que son generados por la degradación del almidón y de la pared celular durante la maduración. Los principales monosacáridos en las frutas son la glucosa y la fructosa. En general, es mayor la proporción de glucosa que de fructosa; otros monosacáridos sólo se encuentran en trazas. Durante el crecimiento y maduración de las frutas los azúcares y el almidón son elaborados como resultado de la fotosíntesis ⁽⁵³⁾.

El valor de los sólidos solubles expresados en grados Brix, relacionan la gravedad específica

de una disolución con la concentración de sacarosa pura ⁽⁵⁴⁾. Así, el contenido de azúcar se puede medir directamente por procedimientos químicos, pero, como se conoce que éste es el componente mayoritario de los sólidos solubles, resulta más fácil e igualmente útil determinar los sólidos solubles totales en el jugo extraído con la ayuda de un refractómetro ⁽⁵⁵⁾.

El incremento de los sólidos solubles en la calidad de los mangos es debido a la ruptura de la cadena de almidón, pectinas y sacarosa presentes en la fruta en estado verde a maduro. Este fenómeno proporciona estructuras individuales de glucosa y fructosa en los frutos maduros originando el sabor dulce ⁽⁵⁶⁾.

a.4. Acidez titulable

Las frutas y vegetales contienen pequeñas cantidades de ácidos orgánicos, metabolitos intermediarios de diversos procesos que pueden

también acumularse en vacuolas que confieren al tejido un sabor ácido o amargo. El contenido de estos ácidos depende de la especie vegetal, variando desde niveles muy bajos (en productos como maíz dulce) hasta concentraciones muy altas (fresas, grosellas, espinacas, etc.)⁽⁵⁷⁾.

Los ácidos que se encuentran con mayor frecuencia en frutas y hortalizas son el ácido cítrico y el málico, los cuales pueden llegar a alcanzar individualmente una concentración de hasta el 13% del tejido vegetal fresco. Sin embargo, en algunos casos su concentración es inferior a la de otros ácidos. Por ejemplo, en el aguacate y la uva, el ácido con mayor concentración es el tartárico; en el mango es el cítrico; mientras que en las espinacas y la carambola, es el oxálico y en la zarzamora el isocítrico. La acidez total de algunas frutas desciende a medida que progresa su maduración, si bien la concentración de algunos ácidos puede aumentar a lo largo de la misma⁽⁵⁸⁾.

La acidez de la fruta es expresada comúnmente en términos del ácido presente de mayor concentración. Para el caso de frutos de mango se reporta el ácido cítrico como el más importante ⁽⁵⁹⁾. Jaint et al (1959) reportaron para frutos de mango la presencia de ácidos cítricos, oxálicos, málico, succínico, pirúvico y glacturónico ⁽⁶⁰⁾.

Durante la etapa inicial y después del amarre de la fruta, ésta es muy ácida y gradualmente la acidez disminuye conforme se acerca la madurez fisiológica. El declive de la acidez durante la maduración puede ser atribuido principalmente a la disminución del citrato ⁽⁶¹⁾.

La acidez presente en la pulpa es mayor que en la piel. La reducción de la acidez durante la maduración juega un papel importante en la relación azúcar/ácido y consecuentemente en el gusto y sabor de la fruta ⁽⁶²⁾.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La disminución en el porcentaje de acidez titulable se debe a que el contenido de ácidos orgánicos se consume en la etapa de respiración durante la maduración del fruto. Estos ácidos se consideran parte de la reserva de energía de la fruta⁽⁶³⁾.

El contenido de ácidos orgánicos en cualquier fruta se presenta como acidez titulable; es un parámetro evaluado de manera objetiva y puede correlacionarse con la percepción subjetiva de acidez detectada por los consumidores⁽⁶⁴⁾. La acidez titulable es fácil de determinar y se realiza en el jugo extraído de la pulpa de los frutos. La acidez puede ser medida por titulación con un álcali (NaOH 0.1N) hasta un punto final que depende del indicador seleccionado (fenolftaleína) y el resultado se expresa en términos de un ácido en particular, el que se encuentre en mayor cantidad. Por la siguiente relación:

% de acidez expresada como = $(V)(F)(100) / M$
ácido en mayor concentración

Donde:

V = mL de NaOH utilizados en la titulación.

F = Fracción de ácido en base ácido total.

M = Peso de la muestra.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

F. COMPORTAMIENTO RESPIRATORIO DEL FRUTO DEL MANGO

1. Respiración

La respiración en los productos hortofrutícolas es el proceso de oxidación o degradación del almidón, azúcares y ácidos orgánicos a moléculas simples como CO_2 y H_2O , con la producción de energía⁽⁶⁵⁾. El substrato de la respiración deriva en último término de reservas de altos pesos moleculares, ya sea en forma de carbohidratos, proteínas o lípidos⁽⁶⁶⁾.

Comúnmente, los productos hortofrutícolas son clasificados de acuerdo a su intervalo de respiración (Cuadro 5). Basándose en esta clasificación y considerando la producción de etileno durante la maduración fisiológica y sensorial, las frutas se clasifican en climatéricas y

no climatéricas. Los frutos climatéricos son aquellos que presentan un gran incremento de CO_2 y C_2H_4 durante el proceso de maduración; mientras que las frutas no climatéricas, presentan baja producción de CO_2 y C_2H_4 y no presentan cambios durante la maduración del fruto⁽⁶⁷⁾.

El mango es una fruta que durante su maduración y senescencia sufre cambios bioquímicos que son iniciados con la producción autocatalítica del etileno y un aumento en la velocidad de respiración. Debido a esto, esta fruta es considerada climatérica, con un nivel máximo de respiración (pico climatérico) entre los 50 y 60 días después de la floración⁽⁶⁸⁾. Comparada con otras frutas el mango se caracteriza por una velocidad intermedia de respiración⁽⁶⁹⁾.

Una manera de disminuir la respiración puede ser manipulando la temperatura, la humedad relativa y la composición atmosférica; de esta forma se reduce el deterioro del producto por agentes microbianos, ya que cuando la respiración

es rápida, se aumenta el grado de deterioro y es más crítica la necesidad de disminuir la respiración (70).

a. Producción de etileno

El etileno es producido naturalmente por los vegetales, activo en cantidades mínimas y tiene un gran efecto en la maduración (71). Se le conoce como la "hormona" de la maduración(72). Así considerada, como "hormona vegetal", regula muchos aspectos de crecimiento, desarrollo y senescencia de los frutos. Sus efectos pueden ser benéficos o perjudiciales para los productos hortícolas(73). La actividad del etileno es tan potente que puede actuar hasta en cantidades trazas(74). Muchas frutas y vegetales responden al etileno con un acelerado ablandamiento, aumentando la abscisión e induciendo desórdenes fisiológicos; además, todos ellos presentan un efecto directo sobre la calidad(75). Sin embargo, el uso controlado del etileno en postcosecha presenta efectos

favorables como la inducción de la maduración de frutas para mejorar la uniformidad en la maduración, proveer el desarrollo más uniforme de la coloración y el ablandamiento de las frutas⁽⁷⁶⁾. Un repentino aumento de este gas ocurre durante la maduración del mango. Comparado con otras frutas, la producción de etileno es considerada baja⁽⁷⁷⁾.

Antes del inicio del período climatérico en los mangos, el etileno sintetizado por las frutas estimula las enzimas oxidantes e hidrolíticas e inactiva sus inhibidores. Después o durante este proceso, se efectúa la solubilización de componentes celulares insolubles, produciendo cambios en la permeabilidad celular y permitiendo así, una mayor interacción sustrato-enzima. Todos estos procesos junto con otros hasta ahora desconocidos, inician una parte del sistema metabólico que finalmente da como resultado la maduración del fruto⁽⁷⁸⁾.

Cuadro 5. Clasificación de frutas y hortalizas de acuerdo a su rango de respiración.

Clasificación	Rango de Respiración A 5 C (mg CO ₂ /kg-h)	Producto
Muy bajo	5	Frutas, verduras secas y nueces
Bajo	5 – 10	Manzana, betabel, cereza, frutas cítricas, arándano, uva, kiwi, cebolla, papaya, pérsimo, piña, papa dulce, melón y sandía.
Moderado	10 – 20	Chabacano, plátano, repollo, melón Zanahoria, cereza, higo, pepino, grosella, mango, lechuga, durazno, oliva, pera, ciruela, rábano, tomate y calabaza.
Alto	20 – 40	Aguacate, café negro, coliflor, lima y frijol.
Muy alto	40 – 60	Alcachofa, brócoli y cebolla verde
Extremadamente Alto	60	Espárragos, champiñones, espinaca, maíz dulce y perejil.

Fuente: Kader, 1993.

G. APLICACIÓN DE PELÍCULAS SUPERFICIALES EN EL FRUTO

La aplicación de ceras y películas comestibles son tratamientos especiales a los que son sometidos algunos frutos y hortalizas durante las operaciones de preparación antes del empacado.

Muchas frutas se pueden beneficiar de la aplicación de ceras y del brillo posterior. Esta no es simplemente para mejorar la apariencia, que es muy importante, sino también para mejorar la calidad del almacenamiento del producto. Cuando el producto está en el campo o, incluso, durante la cosecha, transporte, lavado o clasificación, puede sufrir rasguños o abrasiones que no sólo remueven las capas naturales sino que hieren la capa protectora de la cáscara alrededor de la fruta. El lavado, en particular, es esencial en la remoción de desechos de pájaro, marcas de insectos, residuos

químicos y rastros de cualquier otra impureza proveniente del campo, pero puede remover mucho de la capa natural de cera, especialmente si se usa con detergentes. La capa natural de cera reduce la pérdida de humedad de la fruta ⁽⁷⁹⁾.

1. Propósitos de la película

Después del lavado de la fruta y hortaliza, se debe secar y encerar con ceras de tipo alimenticio ⁽⁸⁰⁾, que presentan, entre las principales ventajas, las siguientes:

- Retardar o reducir la pérdida de humedad del producto, evitando el marchitamiento
- Reemplazar las ceras naturales
- Mejorar la apariencia del fruto.
- Propiciar la inclusión de fungicidas reguladores de crecimiento o inhibidores como parte del tratamiento.
- Disminuir la rapidez de respiración

- Crear una microatmósfera saturada de agua.

Las superficies brillantes producidas por el cepillado de superficies enceradas en productos tales como tomates, pimientos y pepinos, mejoran atractivamente las ventas y fomentan las justificaciones del tratamiento. Por lo tanto, el encerado es usualmente un complemento al buen manejo ⁽⁸¹⁾.

Debido a que los tres frutos mencionados tienen una película natural de cera sobre la mayor parte de su superficie, el encerado reducirá la pérdida de humedad, porque sella la corteza magullada y la principal ruta para la transpiración. Así, la pérdida de agua puede ser reducida alrededor del 50%. Reducciones similares se dan en los nabos y rábanos. Los melones y camotes también son frecuentemente encerados ⁽⁸²⁾.

Es muy común el deterioro de la capa de cera natural en la cáscara debido al manejo de la fruta y sobre todo debido al tratamiento con agua caliente. Esta capa tiene como función el restringir el intercambio gaseoso y de vapor de agua de la fruta y así se regula el metabolismo de la misma y se prolonga su vida. Además, esta capa adiciona un brillo a la fruta. Al deteriorarse esta capa aumenta la velocidad de metabolismo y la pérdida de agua del fruto, disminuyendo así su calidad y su vida. En este caso se puede agregar una capa delgada de cera ⁽⁸³⁾.

Las películas superficiales como tales, no reducen la putrefacción; ellas pueden de igual modo incrementarla por las esporas atrapadas en las lenticelas o en las diminutas heridas, proveyendo así una cámara húmeda. Sin embargo, también hay disponibles ceras que contienen desinfectantes y que tienen propiedades fungicidas, aunque no se ha comprobado su efectividad en el control de la putrefacción ⁽⁸⁴⁾.

2. Aditivos para las películas

Pueden incorporarse a las ceras algunos inhibidores; sin embargo, si el encerado independiente beneficia a la cosecha, los inhibidores deberán ser aplicados con un aerosol o con agua en la banda transportadora del producto (85).

La adición de tintura a la cera, principalmente para realzar el color de las papas rojas, está ahora prohibido o restringido por la ley, ya que el procedimiento ha sido algunas veces usado con la intención poco honesta de esconder defectos del fruto. Otra desventaja es la coloración de los utensilios y manos durante la preparación (86).

3. Clases y aplicaciones

Las ceras, con mucho, son las películas superficiales más comúnmente aplicadas. La mayoría de las formulaciones son registradas, pero generalmente contienen alguna combinación de cera de abeja, parafinas y emulsificadores⁽⁸⁷⁾.

Productos como los cítricos pueden mejorar su apariencia con aplicaciones de cera sintética y en algunos productos pueden agregar colorantes a la cera para poder modificar el color, además de proveer un mejor brillo. Se prefieren las ceras naturales como las de la caña de azúcar, shellac y varias resinas. Estas ceras pueden ser aplicadas a la fruta en espuma, baño líquido, rocío líquido o por rodillos de esponjas o de cepillo⁽⁸⁸⁾.

La cera también se puede aplicar por medio de aspersión, o bien, utilizando cepillos impregnados con la cera. Se recomienda el uso de ceras naturales y asegurarse previamente de que

la cera a aplicarse es aceptada en el mercado a donde se dirige la fruta ⁽⁸⁹⁾.

Se han utilizado las emulsiones de plástico y los geles de pectina, pero, a la larga, no han sido comercialmente usados en los vegetales ⁽⁹⁰⁾.

4. Precauciones

La aplicación excesiva de ceras, aunque improbable con equipo moderno, puede interferir con la respiración normal del fruto. Si se acumula CO_2 o el O_2 se agota, las heridas o lesiones probablemente seguirán y se presentarán irregularidades y retrasos en la maduración del tomate, e incremento en el marchitamiento de los pepinos ⁽⁹¹⁾.

Es recomendable utilizar ceras ligeras de alrededor de 3-5% de sólidos. Las ceras de más de

5% de sólidos pueden provocar una respiración anaeróbica y la fermentación del fruto ⁽⁹²⁾.

Los vegetales frondosos y los manojos de raíces no se prestan para el encerado porque el material no se seca lo bastante rápido donde las hojas y raíces están en contacto unas con otras ⁽⁹³⁾.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

NOTAS DE PIE

- (1) Samson, J. A. Tropical Fruits. Longman, Londres, Inglaterra. 1980 pp. 15.
- (2) Ramírez e Ireta. Estudio comparativo de cultivares de mango en plantaciones de Culiacán, Sinaloa. 1973, pp. 216-222
- (3) Rhodes y col. A numerican Taxonomic Study of the Mango (*Mangiera indica* L.) 1970, pp. 252.
- (4) SARH. Agrícola sistema producto mango. 1993 pp. 32
- (5) Ramírez, V.J. Cultivo y enfermidades del mango. Universidad Autónoma de Sinaloa. 1991 pp. 26
- (6) SARH. Opus citatus pp. 33
- (7) Yahia Elhadi. Manejo Postcosecha del Mango. Editado por las instituciones del gobierno del Estado de Colima. 1997 pp. 6
- (8) Ramírez, V. J. Opus citatus, pp. 26.
- (9) Yahia, Elhadi. Opus citatus, pp.6.
- (10) SARH. Opus citatus, pp. 33.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- (11) Weaver, R.J. Senescence. En: Plant growth substances in agriculture. Freeman and company. San Francisco. 1972. pp 291-306.
- (12) Hulme, A. C. The biochemistry of fruits and their products. Academic Press. New York. 1971. pp.242.
- (13) Yahia, Elhadi. Op. cit. pp. 1.
- (14) Ibidem. pp. 1-2.
- (15) Ramírez, V J. Op. cit. pp. 32.
- (16) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 2.
- (17) FIRA. Fidecomisos Institutivos en Relación con la Agricultura en el Banco de México. Oportunidades del Desarrollo del Mango en México. 1997. pp. 18.
- (18) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 6.
- (19) FIRA. Op. cit. pp.20.
- (20) Locus citatus.
- (21) Rubio, V. C. Confederación Nacional de Productores de Hortalizas. Boletín Anual de Temporada 1988-1989. Guadalajara, Jalisco. 1989. pp. 44.

- (22) Hortalizas, Frutas y Flores. Exportaciones de mango. Editorial Año Dos Mil. México, D. F. 1997. pp. 17.
- (23) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 7.
- (24) Ibidem. pp. 10.
- (25) Nagy y Shaw. Tropical and Subtropical Fruits. Avi Publishing Westport, Conn. EUA. 1980. pp. 195.
- (26) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 9-10.
- (27) Locus citatus.
- (28) Nagy and Shaw. Op. cit. pp. 242.
- (29) Kader, Adel A. postharvest Biology and Technology: an overview. Marcel Decker, Inc. New York. 1993. pp. 18.
- (30) Hardenburg et al. The Comercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursey Stocks. USDA Agriculture Handbook. 1986. pp. 23.
- (31) Ibidem. pp. 25.
- (32) Wills y col. Postharvest. An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetable. The Avi Publishing Company Inc. Westport, Conn. 1981. pp. 32.

- (33) Ibidem. pp. 33.
- (34) Hulme, A. C. Op. cit. pp. 253.
- (35) Kader Adel A. Modified Atmosphere Packaging of Fresfruit Produce. 1986. pp. 9-10.
- (36) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 12.
- (37) Locus citatus.
- (38) Ibidem, pp.13
- (39) Locus citatus.
- (40) Locus citatus.
- (41) Locus citatus.
- (42) Locus citatus.
- (43) Paull, E. R. Postharvest Heat Treatments and Fruits Ripening. 1990. pp. 357.
- (44) Couey, M. H. Heat Treatment for control of Postharvest Diseases and Insect Pest of Fruits. 1989. pp. 200.
- (45) Báez, Sañudo R. Norma Mexicana de Calidad para Mango Fresco. 1997. pp. 6.
- (46) Mitcham y Kader. Methods for Determining Quality of Fresh Commodities. 1996. Pp. 3.
- (47) Báez, Sañudo R. Op cit. pp. 6

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- (48) Rojas, G. M. Fisiología Vegetal Aplicada. McGraw-Hill. México, D. F. 1983. pp. 212-213.
- (49) Fennemia Owen R. Food Chemistry. Marcel Decker, Inc. New York. 1985. Pp. 545-546.
- (50) Mitcham y Kader. Op. cit. pp. 2.
- (51) Manual del Colorímetro Minolta. Caracterización Precisa del Color. 1993. pp. 10.
- (52) Kader A. A. Postharvest Biology and Technology. University Special Publication U.S.A. 1985. pp. 4.
- (53) Ibidem. pp. 5.
- (54) Ibidem pp. 6
- (55) Wills y col. Op. cit. pp. 25.
- (56) Ibidem. pp. 26.
- (57) Manual del Triturador Automático. pp. 3.
- (58) Ibidem. pp. 4-5.
- (59) Nagy y Shaw. Op. cit pp. 232.
- (60) Jain y col. Nonvolatile Organic Acids in Unripe Picklin Mangos and Salted Mango Slices by Paper Chromatography. 1959. pp. 116.
- (61) Nagy y Shaw. Op. cit pp. 235.
- (62) Locus citatus.

- (63) Duckworth, R. B. Fruit and Vegetables. Pergamon Press. Oxford, England. 1982. pp. 30.
- (64) Azcon-Bieto y Talón. Fisiología y Bioquímica Vegetal. McGraw-Hill. Madrid, España. 1993 pp. 10.
- (65) Kader, A. Effects of Ading CO2 to controlled Atmospheres. Marcel Decker, Inc. New York. 1987. pp. 18.
- (66) Azcon- Bieto y Talón. Op. pp. 20.
- (67) Kader, A. A. Op. cit. 1993. pp. 25-26.
- (68) Nagy y Shaw. Op. cit pp. 255.
- (69) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 11.
- (70) Shewfelt, R. L. Postharvest Treatment for Etending the Shelf Life of Fruits and Vegetables. 1986. pp. 89.
- (71) Abeles, F. B. Ethylene in Plant Biology. Academic Press. New York. 1973. Pp. 41.
- (72) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 12.
- (73) Yang, S. F. B iosynthesis and Action of Ethylene. 1985. pp. 41.
- (74) Kader, A. A. Op. cit. 1985. pp. 5.
- (75) Ibidem. pp. 6.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- (76) Ibidem. pp. 7.
- (77) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 12.
- (78) Pantastico, E. B. Fisiología de la Posrecolección, Manejo y Utilización de Faunas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales. Editorial Continental. México, D. F. 1984, pp. 100-101.
- (79) Thompson, A. K. Tecnología Poscosecha de Frutas y Hortalizas. Editorial Kinensis, Armenia, Colombia. 1998. pp. 125.
- (80) Yahia e Higuera. Fisiología y tecnología Poscosecha de Productos Hortícolas en México. Editorial Noriega Limusa. México, D. F. 1988. pp. 79.
- (81) Ryall y Lipton. Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. Avi Publishing Company, Inc. New York. 1983. pp. 67-68.
- (82) Locus citatus.
- (83) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 74
- (84) Ryall y Lipton. Op. cit. pp. 68.
- (85) Locus citatus.

- (86) Locus citatus.
- (87) Locis citatus.
- (88) Thompson, A. K. Op. cit. pp. 125.
- (89) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 74.
- (90) Ryall y Lipton. Op. cit. pp. 68.
- (91) Ibidem. pp. 69.
- (92) Yahia Elhadi. Op. cit. pp. 74.
- (93) Ryall y Lipton. Op. cit pp. 69.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. MATERIALES

1. Materia prima

Para realizar este proyecto de investigación se cosecharon manualmente 900 frutos de mango cv. Haden en la huerta de la Universidad Autónoma de Sinaloa, localizada en el Tamarindo, Culiacán, Sinaloa. Los frutos se encontraban en un estado de madurez verde-sazón, los cuales fueron trasladados inmediatamente a los laboratorios del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. (CIAD) Unidad Culiacán para las evaluaciones correspondientes.

a. Selección de las muestras

Los frutos lavados con agua clorada a 100 ppm, se colocaron sobre las mesas para que se secaran, para posteriormente seleccionar a los

mangos homogéneamente considerando tamaño, color y ausencia de daños físicos; se eliminaron los mangos dañados, enfermos y deformes.

b. Tratamientos

Del total de los frutos seleccionados se formaron tres lotes de 250 mangos cada uno a los cuales les aplicaron los siguientes tratamientos:

- Frutos con cera Britex (se utilizó cera Britex 508 diluida 1:5 en agua y se aplicó con franela humedecida en la disolución).
- Frutos con cubierta de Semperfresh, conocida como celulosa (se preparó la disolución al 0.8% en agua y se aplicó por inmersión de los frutos por un minuto y medio).
- Frutos testigos (sin tratamiento)

c. Almacenamiento

Los lotes de mango se colocaron en jabas de plástico previamente marcadas con su respectivo tratamiento, cuidando de que no quedaran presionándose para evitar un daño en ellos; los frutos se almacenaron en la cámara de 12° C en la parte baja del difusor por 15 días a una humedad relativa (HR) de 89% y un déficit de vapor de presión (VPD) de 0.16 Kpa, transcurridos los 15 días fueron transferidos a la cámara de simulación de mercadeo (20° C) por 12 días con una HR de 86% y VPD de 0.34 Kpa.

d. Muestreo

Los muestreos para evaluar los parámetros de calidad iniciaron el día cero (inicio del experimento) y fueron realizados cada 5 días durante los 15 días del almacenamiento a 12° C, al pasarlos a simulación de mercadeo a 20° C, los

análisis se realizaron cada 2 días hasta el final del experimento.

2. Reactivos químicos

a. Preparación de las películas

a.1. Preparación de Britex

La cera Britex se prepara diluyendo una parte de cera por cinco partes de agua (dilución 1:5), equivalente al 20% de concentración. Se adiciona el agua a la cera, se diluye, agita y se deja reposar unos 5 minutos para posteriormente proceder a aplicarla manualmente al fruto de mango con la franela humedecida en la disolución.

a.2. Preparación de Semperfresh

El Semperfresh, es una disolución al 50% del compuesto activo en 200 ml que equivale a 200 g de Semperfresh. Para preparar la película se

utilizó una dilución al 0.8% del compuesto activo en agua a temperatura ambiente, agitándolo ocasionalmente por 30 minutos; después se procede a aplicarlo por inmersión de los frutos por un minuto y medio.

3. Equipo de laboratorio utilizado

- Balanza analítica digital Sartorius BP 4100
- Colorímetro Minolta CR-300
- Titulador automático
- Penetrómetro Chatillon Modelo DFG-50
- Potenciómetro
- Refractómetro digital Abbe Leica Mark II
- Cromatógrafo de gases Varian 3300

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B. MÉTODOS

1. Análisis físicos en mango

a. Pérdida de peso

Para determinar la pérdida de peso se tomaron 20 frutos de cada uno de los tres tratamientos, marcándolos y colocándolos en una jaba de plástico por cada lote (testigo, Britex y Semperfresh). El peso del fruto se registró diariamente durante los 15 días almacenados a 12° C así como también diariamente al pasarlos a simulación de mercadeo (20° C por doce días). Para la determinación del peso de la fruta se utilizó la balanza digital. El porcentaje en pérdida de peso se determinó de acuerdo a la siguiente expresión matemática:

$$\% PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100\%$$

Donde:

$\%PP$ = Pérdida de peso.

P_i = Peso inicial.

P_f = Peso final.

b. Firmeza

Se determinó como el esfuerzo necesario para romper la pulpa de los frutos en cuatro partes opuestas de la zona ecuatorial a la cual previamente se le eliminó la piel con una pequeña navaja, ya que el mango es un fruto de cáscara gruesa. Se utilizó el Penetrómetro adaptado con un punzón cilíndrico de 10 mm de diámetro. Los análisis se realizaron según lo reportado por Bourne (1980), y los resultados se expresaron en Newtons; fueron analizados 10 mangos de cada tratamiento desde el inicio del experimento y cada 5 días durante el almacenamiento a 12° C; al pasarlos a 20° C la medición se registró cada 2 días.

c. Color externo e interno

El color de la pulpa se evaluó en la parte más cercana a la semilla y el color externo fue en la ecuatorial de los frutos (4 sitios del fruto). para lo cual se utilizó el colorímetro, donde se registraron valores de luminosidad (L), cromaticidad (C) y ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue). La Luminosidad, que representa los valores de claridad o brillantez, oscila entre 0, que representa colores negros, y 100, que representa colores blancos o de máxima brillantez. La Cromaticidad, conocida como pureza de color, oscila entre valores de 0 a 60, donde valores bajos de croma representan colores grisáceos o impuros, mientras que valores altos representan pureza o de mayor intensidad. $^{\circ}$ Hue, también conocido como tono o color verdadero, es un ángulo que varía de 0 a 360° . Un ángulo de 0° a 360° corresponde a un color rojo; 90° a un color amarillo; 180° corresponde a un color verde y un ángulo de 270° corresponde a un color azul

(MINOLTA, 1993). La evaluación del color interno y externo de los frutos se realizó en 10 mangos de cada tratamiento desde el inicio del experimento y cada 5 días durante el almacenamiento a 12° C; al pasarlos a 20° C la medición se registró cada 2 días.

2. Análisis químicos del mango

Para la determinación de estos parámetros de calidad se licuaron 10 g de muestra de mango seleccionado homogéneamente con 50 mL de agua destilada, previamente ajustada a pH de 7.0, posteriormente se filtró a través de una tela de organza, obteniendo así el extracto.

a. Determinación de pH y acidez titulable

Estas evaluaciones se determinaron en el Titulador Automático de la siguiente manera: del extracto obtenido se tomó una alícuota de 50 ml, la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

cual se depositó en unos recipientes que se colocaron en el Titulador, para obtener, en unos segundos, la lectura del pH y de la acidez titulable.

El resultado de la acidez es expresado como % de ácido cítrico, por ser el principal ácido orgánico presente en el fruto del mango. Estos parámetros de calidad fueron determinados en 10 mangos de cada tratamiento con 2 repeticiones de cada uno cada cinco días mientras estaban almacenados a 12° C, después cada 2 días cuando fueron pasados a la cámara de 20° C (simulación de mercadeo).

b. Sólidos solubles totales

La determinación del contenido de sólidos solubles totales se realizó de acuerdo al método recomendado por la AOAC (1990, pág. 989). Se utilizó un Refractómetro digital con temperatura compensada. Se tomaron unas gotas del extracto obtenido y se depositaron directamente al refractómetro para obtener la lectura, cuyos

resultados se expresaron en °Brix. Después se ajustaron los resultados considerando el factor de dilución. Este parámetro de calidad fue determinado en 10 mangos por tratamiento, con 2 repeticiones por mango cada 5 días mientras estaban almacenados a 12° C; posteriormente, se pasaron a la cámara de 20° C (simulación de mercadeo) y las mediciones se realizaron cada 2 días.

3. Análisis fisiológicos

La concentración de bióxido de carbono y etileno se evaluó siguiendo la técnica reportada por Báez et al (1997). Se colocaron frutos de mango en frascos de vidrio herméticamente sellados, los cuales se encontraban adaptados a un tren de respiración con una entrada y salida de aire. Se tomaron por triplicado un mililitro de muestras a la salida del gas y se inyectó en el cromatógrafo de gases. El resultado se reportó como mL CO₂/Kg-h,

considerando el peso inicial de los frutos y la velocidad de flujo del aire.

4. Análisis estadístico

Estos experimentos se analizaron a través de un diseño experimental unifactorial donde los tratamientos se designaron como: testigo, britex y celulosa. En el caso de la pérdida de peso, se consideraron los efectos de los distintos tratamientos a lo largo de un intervalo de tiempo, para lo cual se tomaron 20 réplicas por tratamiento. En las variables de respuesta restantes solo se consideró la condición final de la unidad experimental utilizando 10 réplicas por tratamiento. Lo que procedió en todos los casos fue un análisis estadístico denominado análisis de varianza (análisis de las diferencias entre tratamientos) aplicando el estadístico F con un nivel de significancia $\rightarrow = 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

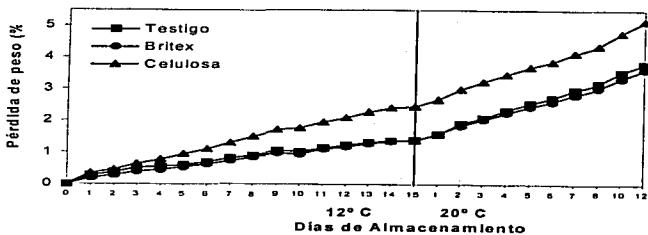
A. ANÁLISIS FÍSICOS DEL MANGO

1. Pérdida del peso

Como se puede observar en la figura 1, los mangos tratados con la aplicación de películas comestibles de celulosa, presentaron mayor pérdida de peso con un promedio de 5% al finalizar el experimento, lo cual no es una pérdida de peso elevada, ya que los frutos de mango no se caracterizan por mostrar una elevada pérdida de peso. Investigaciones realizadas reportan un porcentaje no mayor del 6%. Los mangos tratados con celulosa tienen una marcada diferencia en la pérdida de peso con respecto a los tratados con britex y los mangos testigos, lo cual pone de manifiesto que la película comestible de celulosa no fue una barrera lo suficientemente adecuada para disminuir la transpiración del fruto o la pérdida de humedad.

En la fase de almacenamiento a 12° C la tasa de pérdida de peso entre testigo y britex es similar, pero menor que la tasa de pérdida de peso de las unidades experimentales tratadas con celulosa; con respecto a la fase de almacenamiento a 20° C, todos los tratamientos presentan diferentes tasas de pérdida de peso, siendo celulosa, testigo y britex el orden de mayor a menor. Al final del experimento la pérdida de peso es significativamente diferente en los tres tratamientos, siendo celulosa, testigo y britex el orden de mayor a menor.

En los tres tratamientos de ambas fases de almacenamiento, el comportamiento de la pérdida de peso es aproximadamente lineal, por ende, se ajustaron a modelos lineales evaluando las pendientes e interceptos a cada una de las unidades experimentales y en cada una de las fases de almacenamiento. A partir de estos datos generados se aplicó el análisis de varianza.



Fig

ura 1. Pérdida de peso de mango cv. Haden almacenados por 15 días a 12° C y 12 días a 20° C.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. Firmeza

No se observó una pérdida marcada en el valor de la firmeza en los frutos durante el almacenamiento a 12° C (figura 2). Pero al ser transferido a la temperatura de mercadeo (20° C) los frutos de mango presentaron una drástica caída en los valores de firmeza tanto los testigos, como los tratados con celulosa y britex. No se halló diferencia significativa entre ellos.

Este decremento de firmeza es debido a muchos factores, entre los que se incluyen la maduración misma del fruto, la transpiración y la contaminación con hongos, entre otros. En general, la pérdida de firmeza se debe al rompimiento de la pared celular y la degradación del almidón presente entre los frutos, donde la composición y contenido varía dependiendo de las variedades de mango.

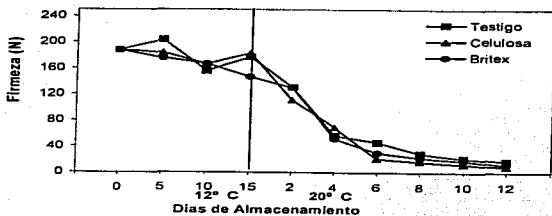


Figura 2. Comportamiento de la firmeza en los frutos de mango cv. Haden

3. Color

a. Color externo (cáscara) de mango

El hecho de aplicar alguna película sobre el fruto, interfiere en la medición de color, por lo tanto este parámetro no es determinante para conocer la variación del color del fruto durante su almacenamiento, como se puede observar en la figura 3, donde se aprecia claramente, que entre los mangos testigos y los tratados con britex no hubo diferencia significativa durante todo su almacenamiento, no siendo el caso con los testigos y los mangos tratados con celulosa, en donde desde el día cero se aprecia que la película produce una lectura errónea sobre el color de la cáscara del fruto volviéndola más opaca y elevando su valor de °Hue; así, se aprecia que existe una diferencia constante entre el ángulo de matiz de los testigos y de los mangos tratados con celulosa durante todo el tratamiento. Además, se observó que durante el transcurso del

almacenamiento (después de 22 días) todos los mangos presentaron manchas negras en el pericarpio, cercano al pedúnculo, causado por antracnosis. Esta enfermedad se expresó con mayor intensidad en los frutos de mango a partir de los 10 días almacenados a 20° C disminuyendo su calidad y vida de anaquel.

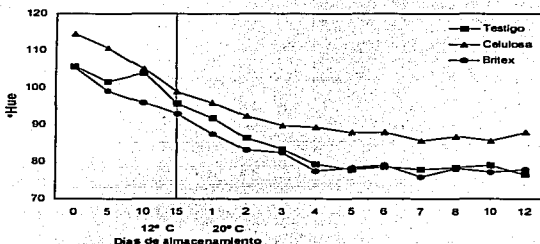


Figura 3. Color externo expresado en °Hue para mangos cv. Haden.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

b. Color interno (en pulpa) de mango

Como se puede observar en la figura 4, los mangos testigos son los que presentaron un ángulo de matiz inferior a los tratados con celulosa y britex, aunque también en la figura se aprecia mucha variabilidad, la cual es debido a errores experimentales, tales como una mala homogeneización de las muestras al momento de formarse los lotes o instrumento no calibrado adecuadamente.

Durante los 15 días de almacenamiento de los mangos a 12° C no se observaron cambios marcados en el ángulo de matiz, indicando que a esta temperatura se retarda la maduración de la fruta, y no se expresa la síntesis de algunos pigmentos naturales como carotenoides y antocianinas característicos de tonalidades anaranjadas y rojizas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

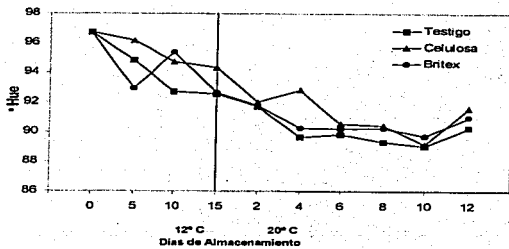


Figura 4. Color interno expresado en °Hue para mangos cv. Haden.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

1. pH

En frutos de mango almacenados durante todo el experimento no se observó diferencia significativa en los valores de pH entre los tres tratamientos. Podría la figura 5 contradecir lo expuesto, sin embargo, la amplia dispersión de las medidas de pH permiten que el análisis de varianza indique que no hay diferencia significativa entre los tres tratamientos. En general los frutos mostraron un marcado incremento de pH durante el almacenamiento con valores iniciales de 3.7 y superior a 5.2 al final del mismo. En estudios realizados se reporta que el valor de pH de diferentes variedades de mango se encuentran en el rango de 3.0 a 4.5, siendo estos ligeramente menores a los resultados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En general el incremento de pH en los frutos se encuentra asociado a la pérdida de la acidez, la cual disminuye durante el proceso fisiológico de los frutos (respiración).

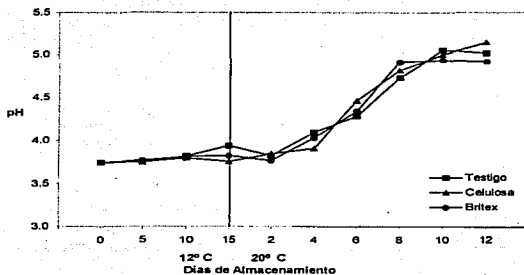


Figura 5. Comportamiento de pH en los frutos de mango cv. Haden.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. Acidez titulable (%ácido cítrico)

El porcentaje de acidez titulable se mantuvo variable en los tres tratamientos de mango cv. Haden durante los 15 días de almacenamiento a 12°C; para posteriormente, como se aprecia en la figura 6, cuando los frutos fueron transferidos a condiciones de simulación de mercadeo (20° C) se observó un marcado decremento de este parámetro no encontrándose diferencia estadística significativa entre los tres tratamientos evaluados. Al final del almacenamiento, la acidez en los frutos alcanzó un valor promedio de alrededor de 0.1%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

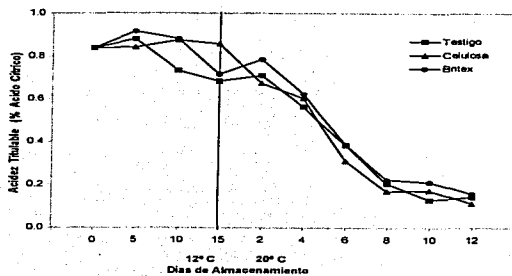


Figura 6. Comportamiento de la acidez titulable en mangos cv. Haden.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. Sólidos Solubles totales (°Brix)

En la figura 7 se puede observar que al final del experimento, entre el tratamiento de celulosa y britex no hay diferencia significativa. Además, los mangos testigos presentaron mayor porcentaje de °Brix, encontrándose diferencia estadística significativa entre el tratamiento control y ambos tratamientos con cera. El incremento de los sólidos solubles totales (SST) en la calidad de los mangos se debe a que las cadenas de almidón y pectina presentes en la fruta en estado verde, proporcionan estructuras individuales de glucosa, sacarosa y fructuosa en los frutos maduros, originando el sabor dulce y a su característica climatérica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

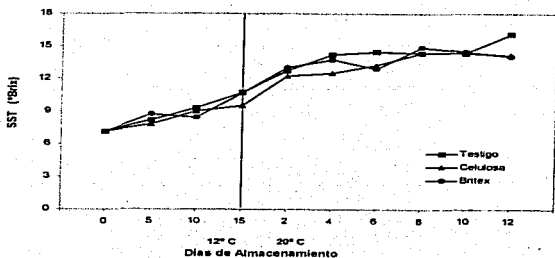


Figura 7. Comportamiento de los °Brix bajo los tres tratamientos en frutos de mango cv. Haden.

4. Relación °Brix/acidez (RBA)

La relación de los sólidos solubles totales y el porcentaje de acidez titulable (°Brix/acidez) en la fruta, frecuentemente se usa como un indicador del sabor, ya que se considera un balance entre lo dulce y ácido de la fruta. Para el mango, una alta relación de °Brix/acidez es a veces interpretada como la mejor calidad comestible de la fruta, sin embargo, esto es una medición muy subjetiva, ya que existen diferencias entre los mercados internacionales, por ejemplo; los mercados europeos prefieren relaciones de azúcar/ácido más baja que los mercados norteamericanos. En los mercados mexicanos se prefieren relaciones altas. En la figura 8 no se observan diferencias significativas de RBA en los tres tratamientos durante los primeros 15 días de almacenamiento. Pero en los 12 días siguientes de almacenamiento a 20° C, los tres tratamientos en el análisis estadístico fueron significativamente diferentes. Durante la simulación de mercadeo de los frutos,

se aprecia una marcada tendencia al incremento de RBA, siendo ligeramente mayor para los mangos tratados con celulosa y menor para el caso de britex.

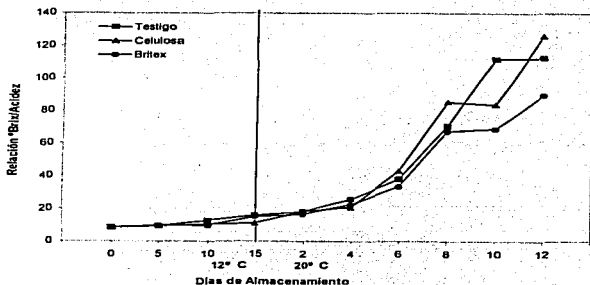


Figura 8. Relación °Brix/acidez (RBA) en mangos cv. Haden.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

C. COMPORTAMIENTO RESPIRATORIO DEL FRUTO DEL MANGO

1. Respiración

Los frutos de mango mostraron una curva de bióxido de carbono característica de los frutos climatéricos. Se observó el pico de CO_2 entre los 4 y 5 días de almacenamiento a 20°C , con una máxima producción de $42 \text{ ml CO}_2/\text{Kg-h}$ (fig. 9). Los frutos fueron anteriormente almacenados por 15 días a 12°C , las mediciones fueron realizadas al exponer a los mangos en condiciones de mercadeo durante los primeros siete días, los cuales son suficientes para apreciar el pico característico del fruto, como se aprecia en la figura. Los mangos tratados con celulosa fueron los que presentaron una menor actividad respiratoria; esto es congruente con los resultados obtenidos en pérdida de peso, debido a que al presentar mayor pérdida de agua, las células en el fruto empiezan a disminuir su tasa de respiración.

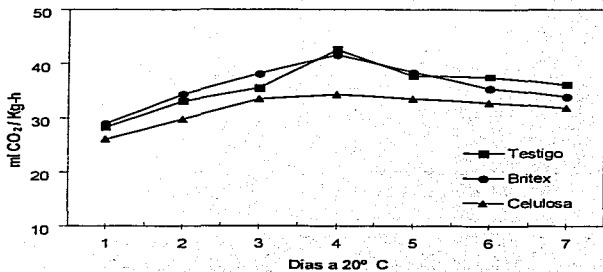


Figura 9. Actividad respiratoria del fruto de mango cv. Haden.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VIII. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con este trabajo de investigación muestran con claridad que la cera Britex y la película comestible Celulosa aplicadas a los mangos variedad Haden no cumplieron con las expectativas iniciales, ya que no hubo una diferencia marcada en los parámetros de calidad analizados con respecto a los mangos testigos. Posiblemente, la dilución al 0.8% de la preparación Semperfresh y la Cera Britex al 20% de concentración, resultaron bajas, pues el desarrollo del fruto durante los días de tratamiento no provocó cambios significativos.

Así pues, se concluye que la ausencia de resultados satisfactorios según la hipótesis de este estudio posiblemente se deba al uso de concentraciones inadecuadas en las preparaciones de la cera y la película comestible, por lo que se sugiere incrementarlas para poder observar diferencias significativas en la calidad de los mangos durante su período de almacenamiento y poder

concluir que efectivamente la aplicación de estos productos alargan su vida de anaquel.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IX. BIBLIOGRAFÍA.

1. Abeles, F. B. **Ethylene in Plant Biology**. First Edition. New York. Academic Preess. 1973. pp. 41.
2. Azcon-Bieto, J. B. Y Talón, M. **Fisiología y Bioquímica Vegetal**. Segunda Edición. Madrid, España. Editorial McGraw -Hill. 1993. pp. 1-24.
3. Báez-Sañudo, R., Siller-Cepeda, J. Ringas, T. E. Y Báez, S. M. **Determinación de índices de Madurez de los Principales Cultivares de Mango Producidos en México**. México, D. F. Proc. Interamer Soc. Trop. Hort. 37. 1993. pp. 148-154.
4. Couey, M. H. **Heat Treatment for control of Postharvest Diseases and Insect Pest of Fruits**. Hort Science, 24 (2). 1989. pp. 198-202 (Biblioteca de la Maestría de la FCQB).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5. Duckworth, r. B. **Fruit and Vegetables.** Pergamon Press. Oxford, England. Editorial Pergamon Press. 1982. pp. 15-45.
6. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). **Anuario de la producción de la FAO.** 1997. pp. 15.
7. Fennema Owen R. **Food Chemistry.** Second Edition. New York. Editorial Marcel Decker, Inc. 1985. pp. 545-546.
8. FIRA (Fidecomisos Institutivos en Relación con la Agricultura en el Banco de México). **Oportunidades del Desarrollo del Mango en México.** Boletín Año XXVIII. Vol. XXXI. 1997. pp.18-22..
9. Galán- Sauco, V. **Mango (*Mangífera Indica* L.). Los Frutales tropicales en los Subtrópicos.** Primera Edición. Madrid, España. Ediorial Mundi-Prensa. 1990. pp. 35.
10. Hardenburg, H. E., Watada, A. E. y Wang, C. Y. **The Comercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursey Stocks.**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- USDA Agriculture Handbook. No. 66. 1986. pp.23-25.
11. **Hortalizas, Frutas y Flores. Exportaciones de Mango.** México, D. F. Editorial Año Dos Mil. 1997. pp.17.
 12. Hulme, A. C. **The Biochemistry of Fruits and Their Products.** Vol. II. NEW York. Academic Press. 1971. pp. 233-255.
 13. Jain N. I. Krishnamurthy, G. V. And Lal, G. **Nonvolatile Organic Acid in Unripe Picklin Mangos and Salted Mango Slices by Paper Chromatography.** Food Science 8(4). 1959. pp. 115-117.
 14. Kader, A. A. **Postharvest Biology and Technology.** An overview. Postharvest Technology of Horticultural Crop. University Special Publication U.S.A. 1985 PP. 3-7.
 15. Kader, A. A. **Modified Atmosphere Packaging of Fresfruit Produce.** Outlook. Second Quater 13(2). 1986. pp. 9-10.

16. Kader, A. **Effects of Adding CO₂ Controlled Atmospheres.** In Welchman (Ed.) **Postharvest Physiology of Vegetables.** Ney York. Editorial Marcel Decker, Inc. 1987. pp. 12-37.
17. Kader, Adel A. **Postharvest Biology and Technology: an overview.** **Postharvest Technology of Horticultural Crop.** University of California Division of Agriculture and Natural Resources. New York. Editorial Marcel Decker, Inc. 1993. pp. 15-30.
18. Knight, R. J. Y. Schnell, R. J. **Mango Introduction in Florida and The Haden Cultivars Significance to The Modern Industry.** *Econ. Bot;* 48. E.U.A. 1994. pp. 139-145.
19. Leal-Lara, H. **La importancia del Papel de la Lignina en la Utilización de los Desperdicios Agrícolas.** Facultad de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Química. División de Estudios de Posgrado.
UNAM. Alimentos 2. México, D. F. 1982. pp.
81-108.

20. Manual del Colorímetro Minolta.
Caracterización Precisa del Color (Control del Color desde la Percepción Sensorial a la Instrumentación. Alemania. 1993. pp. 1-21.
21. Mitcham, Beth and Kader, Adel. **Methods for Determining Quality of Fresh Commodities.** Perishables Handling Newsletter Issue. No. 85. 1996. pp. 2-5.
22. Nagy, S. and Shaw, P. E. **Tropical and Subtropical Fruits.** Wesport, Conn, EUA. Avi Publishing, Co. 1980. pp 184-257.
23. Pantastico, E. B. **Fisiología de la Posrecolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Subtropicales. México, D. F. Editorial Continental, S. A. 1984. pp. 99-110.

24. Paull, E. R. **Postharvest Heat Treatments and Fruits Ripening.** Postharvest News and Information 1(5). 1990. pp. 355-363.
25. Ramírez, V. J. **Cultivo y enfermedades de mango.** Primera Edición. Universidad Autónoma de Sinaloa. 1991. pp. 26.
26. Ramírez, J. M. E Ireta, A. **Estudio Comparativo de Cultivares de Mango (*Mangifera indica L.*) en Plantaciones de Culiacán, Sinaloa.** 1973. Pp. 216-222.
27. Rhodes, A. M., Cambell, C., Malo, E. C. And Carmer, S. G. Y col. **A Numerican Taxonomic Study of The Mango (*Mangifera indica L.*) .** J. Amer Soc. Hort. Sci. 59 (2). 1970. pp. 252-256.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

28. **Rojas, G. M. Fisiología Vegetal Aplicada.** Segunda Edición. México, D. F. Editorial McGraw-Hill. 1983. pp. 212-213.
29. **Rubio, V. C. Confederación Nacional de Productores de Hortalizas.** XIX Convención Anual y XXX Asamblea General Ordinaria. Boletín Anual de Temporada 1988-1989. Guadalajara, Jalisco. 1989. pp. 40-46.
30. **Ryall, A. Lloyd and Lipton, Werner J. Hadling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables.** Second Edition. New York. Editorial Avi Publishing Company, Inc. 1983. pp. 67-69.
31. **Samson, J. A. Tropical Fruits.** First Edition Longman, Londres, Inglaterra. 1980. pp. 15
32. **Samson, J. A. Mango, Avocado and Papaya.** Tropical Agriculture Series. Tropical

- Fruits 1 Primera Edición. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. 1980. pp. 23.
33. SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos) **Agrícola Sistema Producto Mango. 1993. Pp. 16-32.**
34. Shewfelt, R. L. **Postharvest Treatment for Extending the Shelf Life of Fruits and Vegetables.** Food Technology 40 (5) 1986. pp. 80-89.
35. Thompson, A. K. **Tecnología Poscosecha de Frutas y Hortalizas.** Armenia, Colombia. Editorial Kinensis. 1998. pp. 125.
36. Velazco-Cárdenas, J. **El Mango en México. Descripción, Cultivo, Mejoramiento y Utilización.** Comisión Nacional de Fruticultura. Palo Alto, México, D. F. 1974. pp. 40.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

37. Weaver, R. J. **Senescence.** En: **Plant Growth Substances in Agriculture.** San Francisco. Editorial Freeman and Company. 1972 pp. 291-312.
38. Will, R. H.; Lee, T. H.; Graham, D.; McGlasson, W. B. And Hall, E. G. **Postharvest. An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetable.** First Edition. Westport, Conn. Editorial The Avi Publishing Company Inc. 1981. pp. 17-59.
39. Yahia, Elhadi M. **Manejo Postcosecha del Mango.** Editado por las Instituciones del Gobierno del Estado de Colima. 1997. pp. 1-13 y 74.
40. Yahia, Elhadi M. e Higuera Inocencio. **Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas en México.** Memorias

Simposio Nacional. México, D. F. Editorial
Noriega Limusa. 1988. pp. 79.

41. Yang, S. F. **Biosynthesis and Action of Ethylene.** Hort Science 20 (1). 1985. pp. 41.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN