

Universidad Autónoma de Sinaloa
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

**Atmósferas modificadas en poscosecha de mango 'Kent'
(*Mangifera indica* L.) para su transporte a mercados distantes**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA
EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

PRESENTA:
ROSALBA CONTRERAS MARTÍNEZ

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. TERESA DE JESÚS VELÁZQUEZ ALCARAZ

CO-DIRECTOR DE TESIS:
MC. MANUEL ALONZO BÁEZ SAÑUDO

CULIACÁN ROSALES, SINALOA, AGOSTO DE 2021

ESTA TESIS TITULADA “ATMÓSFERAS MODIFICADAS EN POSCOSECHA DE MANGO ‘KENT’ (*Mangifera indica* L.) PARA SU TRANSPORTE A MERCADOS DISTANTES” FUE REALIZADA POR LA C. ROSALBA CONTRERAS MARTÍNEZ, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

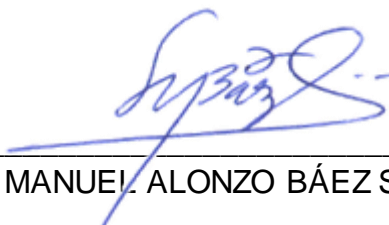
CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTORA:



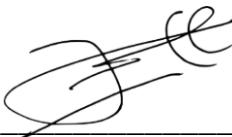
DRA. TERESA DE JESUS VELÁZQUEZ ALCARAZ

CO-DIRECTOR:




MC. MANUEL ALONZO BÁEZ SAÑUDO

ASESOR:



DR. FELIPE AYALA TAFOYA

ASESOR:



DR. CARLOS ALFONSO LÓPEZ ORONA

ASESOR:



DR. MOISÉS GILBERTO YÁÑEZ JUÁREZ

CULIACÁN DE ROSALES, SINALOA, AGOSTO DE 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
SINALOA DIRECCIÓN GENERAL DE
BIBLIOTECAS REPOSITORIO
INSTITUCIONAL

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 18 del mes del año 2021, la que suscribe Rosalba Contreras Martínez, alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 3310573-1, de la Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Autónoma de Sinaloa, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Teresa de Jesús Velázquez Alcaraz y del MC. Manuel Alonzo Báez Sañudo, y de acuerdo al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor, cede los derechos del trabajo intitulado “Atmósferas modificadas en poscosecha de fruto de mango ‘Kent’ (*Mangifera indica* L.) para su transporte a mercados distantes”, a la Universidad Autónoma de Sinaloa para su publicación, difusión, edición, reedición, traducción, compilación, distribución y explotación en medios impresos y digitales, con fines académicos y de investigación, la que será titular del mismo, en forma conjunta o separada con el autor.

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de ésta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

En apego al Art. 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor Cedo el derecho de publicación, difusión, edición, reedición, traducción, compilación, distribución y explotación en medios impresos y digitales, con fines académicos y de investigación a la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Rosalba Contreras Martínez

DEDICATORIA

A mí hija con todo mi amor

Gracias a toda mi familia, a mí madre, hermanos y sobrinos son mí vida entera

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo financiero recibido para realizar esta obra, mediante el proyecto: FORDECYT 2017-10 del CONACYT, número 292474. Estrategias multidisciplinares para incrementar el valor agregado de las cadenas productivas del café, frijol, mango, agave mezcalero y productos acuícolas (tilapia) en la región Pacífico sur a través de la ciencia, la tecnología y la innovación. Subproyecto 3.8. Transformación e innovación tecnológica de procesos y productos a base de mango como alternativa de valor comercial, que permitió formar parte de sus objetivos entregables y formación de recursos humanos.

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, así como a la Facultad de Agronomía por aceptarme y ser parte de mi formación profesional.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. por ser mi casa laboral y realizar el proyecto de investigación en esta institución, además un agradecimiento muy especial a todas las personas que ahí laboran.

A mi comité de tesis integrado por el M.C. Manuel Alonzo Báez Sañudo, Dra. Teresa de Jesús Velázquez Alcaraz, Dr. Felipe Ayala Tafuya, Dr. Carlos Alfonso López, Dr. Moisés Gilberto Yáñez Juárez, por ayudarme a la redacción de mi documento y por sus atinadas recomendaciones para la realización de esta investigación mi sincero agradecimiento.

A la Dra. Ma. Dolores Muy por darme los permisos laborales necesarios, por dejar las puertas abiertas para que pudiera realizar en CIAD mi experimento para llevar a cabo cada uno de los objetivos para el cumplimiento de esta investigación.

Al profesor Manuel Alonzo Báez Sañudo por brindarme su apoyo para realizar unos de mis sueños más añorados y uno de los más complicados también, por compartirme un poco de su experiencia, por la paciencia ante la ausencia laboral, por toda la confianza, el cariño y las porras. Cada día te aprendo más, ¡Gracias Jefe!

Al Maestro Armando Carrillo Fasio, por su cariño por ayudarme a que formara parte de los alumnos programa de posgrado de la Facultad de Agronomía.

A mis queridos maestros que tuve la buena suerte de tener para mi formación profesional de la maestría, Dr. Romo Rubio, Dr. Portillo Loera, Dra. Teresa Vázquez, Dr. Azareel Angulo, Dr. Tomás Osuna, Dra. Adriana Sañudo, Dr. Cesar San Martín, Dr. Heredia, Dr. Raymundo García, Dr. Manuel Tovar, M.C. Armando Carrillo y M.C. Manuel Báez gracias por formar parte fundamental de mi carrera académica.

A mis queridos alumnos, Isaac Burgos y Lucas Heraldez por toda su ayuda en el laboratorio fueron parte muy importante de este experimento apoyándome con su fuerza, con sus risas, con sus innumerables muestras de cariño hacia a mí, los quiero y les agradezco infinitamente.

A los técnicos de laboratorio de CIAD, M.C. Laura Contreras, M.C. Isidro Márquez, Ing. Werner Rubio, M.C. Eduardo Sánchez, M.C. Verónica Pérez, M.C. Pedro Bastidas, Ing. Brissa Plata, QFB. Célida Martínez, Ing. Claudia Olmeda, gracias por su apoyo compañeros.

Al personal administrativo de CIAD, Jorge, Marcela, Xiomara, Karen, Víctor, Paty, Mayra y Basilio, gracias.

A mis compañeros generación de maestría, Anabell, Dulce Carolina, Gamaliel, Briseida, Carolina, Daniel, Yesica, Yesenia, Roberto y Mario, por esas tardes llenas de pláticas y de tratar de hacer un mundo mejor pero sobretodo los viernes de la más grata convivencia que vivida en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, los quiero mucho compañeros.

Pero sobre todo a mis dos nuevas amigas que me dejo este hermoso caminar Anabell y Dulce Carolina, me las quedo para toda la vida, fue hermoso coincidir con ustedes, las amooo tanto amigas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE FIGURAS	ii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. HIPÓTESIS.....	3
III. OBJETIVOS	4
3.1 Objetivo general.....	4
3.2 Objetivos específicos	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 Generalidades del mango	5
4.2 Origen y distribución del mango	5
4.3 Importancia económica del mango.....	6
4.3.1 Importancia mundial	6
4.3.2 Importancia nacional	6
4.3.3 Importancia estatal.....	9
4.4 Morfología y taxonomía del mango	10
4.5 Composición nutrimental.....	10
4.6 Mango 'Kent'	11
4.7 Fisiología poscosecha de frutas y hortalizas	11
4.7.1 Clasificación fisiológica del fruto de mango.....	11
4.7.2 Índice de cosecha	12
4.7.3 Maduración	12
4.7.4 Respiración y producción de etileno	13
4.8 Manejo poscosecha del fruto de mango	14
4.8.1 Vida de anaquel	15

4.8.2 Enfermedades poscosecha	16
4.9 Tecnologías para extender la vida útil del fruto de mango	16
4.9.1 Almacenamiento	16
4.9.2 Refrigeración.....	17
4.9.3 Transporte	18
4.9.4 Atmósferas controladas y modificadas	19
4.9.5 Uso de ceras	21
4.9.6 Películas plásticas	22
4.10 Parámetros para evaluar la calidad poscosecha en frutos de mango	23
4.10.1 Firmeza.....	24
4.10.2 Pérdida de peso	24
4.10.3 Color de frutas y hortalizas.....	25
4.10.4 Potencial de hidrógeno (pH)	28
4.10.5 Acidez titulable	28
4.10.6 Sólidos solubles totales	29
4.10.7 Relación °Brix/acidez (RBA)	30
4.10.8 Sabor y aroma	30
4.10.9 Análisis sensorial	31
4.10.10 Pruebas afectivas	31
V. MATERIALES Y MÉTODOS	33
5.1 Análisis fisiológicos	34
5.1.1 Medición de la atmósfera	34
5.1.2 Tasa de respiración y producción de etileno	34
5.2 Análisis físicos	35
5.2.1 Firmeza	35
5.2.2 Pérdida de peso	36
5.2.3 Color externo e interno.....	36
5.3 Análisis químicos.....	37
5.3.1 Acidez titulable y potencial de hidrógeno (pH)	37
5.3.2 Sólidos solubles totales y RBA	37

5.4 Análisis sensorial	37
5.4.1 Método de prueba	38
5.5 Diseño experimental y análisis estadístico	38
5.5.1 Pruebas destructivas	39
5.5.2 Pruebas no destructivas	39
5.5.3 Análisis de pruebas sensoriales	39
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
6.1 Monitoreo de la atmósfera	40
6.1.1 Producción de CO ₂	40
6.1.2 Producción de O ₂	41
6.2 Tasa de respiración (producción de CO ₂)	43
6.3 Firmeza	44
6.4 Pérdida de peso (%)	47
6.5 Color de cáscara	49
6.5.1 Luminosidad externa (cáscara)	49
6.5.2 Cromaticidad externa (cáscara)	51
6.5.3 Ángulo de matiz externo (cáscara)	53
6.6 Color de la pulpa	55
6.6.1 Luminosidad interna (pulpa)	55
6.6.2 Cromaticidad interna (pulpa)	57
6.6.3 Ángulo de matiz interna (pulpa)	59
6.7 Cambios químicos	61
6.7.1 Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable	61
6.7.2 Sólidos solubles totales y Relación °Brix Acidez	63
6.8 Análisis Sensorial	64
VII. CONCLUSIONES	66
VIII. LITERATURA CITADA	67
IX. ANEXOS	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Importaciones de mango mexicano a Estados Unidos por mes durante 2019.	8
Cuadro 2. Principales estados productores de mango en 2019.	9
Cuadro 3. Clasificación taxonómica del mango	10
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos.....	33
Cuadro 5. Tasa de respiración ($\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) de CO_2 en frutos de mango 'Kent' almacenados por 21 días a 10 °C y analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días.	43
Cuadro 6. Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable, analizados en frutos de mango 'Kent', en mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.	62
Cuadro 7. Sólidos solubles totales y RBA en frutos de mango 'Kent', analizados en mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.	63

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Producción de mango por variedad en el 2019 (SIAP, 2020)	7
Figura 2. Diagrama del sistema de notación de color L*, a*, b*. Cromaticidad y ángulo matiz (°Hue).	27
Figura 3. Monitoreo de la atmósfera (CO ₂) durante los días de simulación de transporte (refrigeración 10 °C).	41
Figura 4. Monitoreo de la atmósfera (O ₂) durante los días de simulación de transporte (refrigeración 10 °C)	42
Figura 5. Firmeza (N) en frutos de mango ‘Kent’, analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.	46
Figura 6. Pérdida de peso (%) en frutos de mango “Kent”, analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.	48
Figura 7. Luminosidad externa en frutos de mango “Kent”, analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.	50
Figura 8. Cromaticidad externa en frutos de mango ‘Kent’, analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.	52
Figura 9. Ángulo de matiz (°Hue) externo en frutos de mango ‘Kent’, analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.	54

Figura 10. Luminosidad interna en frutos de mango 'Kent', analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.	56
Figura 11. Cromaticidad interna en frutos de mango 'Kent', analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.	58
Figura 12. Ángulo de matiz (°Hue) interno en frutos de mango 'Kent', analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.	60
Figura 13. Análisis Sensorial en frutos de mango 'Kent' almacenados por 21 días a 10 °C y analizados al día 4 de simulación mercadeo a 20 °C.	65

RESUMEN

El fruto de mango (*Mangifera indica* L.) ha gozado de gran aceptación en el mercado debido particularmente a su aroma y textura. Es considerada una de las cinco especies frutales con gran valor económico a nivel mundial y es uno de los frutos que ha logrado posicionar a México como el principal país exportador debido a su calidad reconocida. La mayor parte de las exportaciones de mango se destinan a EE.UU. y Canadá, aunque en los últimos años se han abierto mercados más distantes obteniendo divisas más redituables. Para llegar a dichos mercados, se han utilizado temperaturas de almacenamiento y transporte por debajo de 10 °C y frutos en madurez fisiológica atrasada como manera de asegurar el arribo de mangos firmes que toleren el manejo en el mercado de destino. Sin embargo, mangos que se envían a temperaturas por debajo de 10 °C y con baja madurez, tienen poca aceptación por parte del consumidor debido a lesiones de daño por frío y pérdida de calidad sensorial (oscurecimiento de pulpa, marchitamiento de piel, pérdida de aroma, etc.). El uso de atmósferas modificadas junto con la refrigeración contribuye positivamente en la reducción de las pérdidas durante la manipulación y el almacenamiento del mango. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar frutos de mango 'Kent' empacados en las películas plásticas PolyPack® y LifeSpan® en combinación con las ceras Charol Mango, Charol Mango Plus y Natural Shine TFC-210® en un almacenamiento a 10 °C por 21 días para después ser transferidos a condiciones de anaquel (20 °C) por un período de 6 días para evaluar la calidad periódicamente. La cera Charol Mango fue la más efectiva para retener la firmeza, no siendo así las bolsas LifeSpan®, también se realizó un análisis sensorial a los 4 días a 20 °C después de los períodos de refrigeración. La acidez y °Brix no mostraron diferencia entre tratamientos, ni tampoco la aceptabilidad general por parte de los panelistas en el análisis sensorial. Los frutos más aceptados de acuerdo al dulzor, fueron los de la combinación de LifeSpan®+Natural Shine TFC-210®, los cuales mostraron un mayor contenido de sólidos solubles y un color de pulpa más uniforme.

ABSTRACT

The mango fruit (*Mangifera indica* L.) has been great acceptance in the international markets due particularly to its aroma and texture. It is considered one of the five fruit species with high economic value worldwide that has made of Mexico the main exporting country due to its recognized quality. Most of the mango exports are intended to USA and Canada, although in recent years more distant markets have been opened, obtaining more profitable foreign exchange. To reach these markets, storage and transport temperatures below 10 °C and fruits in delayed physiological maturity have been used in order to ensure the arrival of firm mangoes that tolerate handling in the destination market. However, mangoes that are shipped at temperatures below 10 °C with low maturity stage have poor consumer acceptance due to cold damage injuries and loss of sensory quality (pulp darkening, skin wilting, loss of aroma, etc.). The use of modified atmospheres together with refrigeration contributes positively to the reduction of losses during handling and storage of the mango. In this study, the objective this research was evaluate 'Kent' mango fruits packaged in PolyPack® and LifeSpan® plastic films in combination with Charol Mango, Charol Mango Plus and Natural Shine TFC-210® waxes in storage at 10 °C for 21 days to later be transferred to conditions of shelf (20 °C) for a period of 6 days were evaluated in quality periodically. The Charol Mango wax was the most effective to retain firmness, not being the LifeSpan® bags, a sensory analysis at 4 days at 20 °C after both refrigerated periods was also performed. Acidity and °Brix did not show differences between treatments, nor general acceptability by the panelists in the sensory analysis. The most accepted fruits according to sweetness were those of the combination of LifeSpan®+Natural Shine TFC-210®, which showed a higher content of soluble solids and a more uniform pulp color.

I. INTRODUCCIÓN

Para prolongar la vida poscosecha de los productos hortofrutícolas se han implementado diferentes tecnologías, entre ellas: almacenamiento a bajas temperaturas, utilización de empaques plásticos para crear atmósferas modificadas, aplicación de tratamientos hidrotérmicos, irradiación, así como formulaciones que contienen agentes biológicos, entre otras (Beaudry, 2000; Mangaraj *et al.*, 2009; Borchert *et al.*, 2014).

Las frutas y hortalizas son fuente importante de carbohidratos, proteínas, ácidos orgánicos, vitaminas, así como, minerales para la nutrición humana (Kurubas *et al.*, 2018). La vida útil de un producto alimenticio puede definirse como el período de tiempo desde la cosecha o fabricación hasta su consumo. Esta se ve afectada por factores intrínsecos como la respiración, estructura biológica, producción y sensibilidad del etileno, transpiración, cambios de composición, procesos de desarrollo y degradación fisiológica (Mangaraj *et al.*, 2009).

La temperatura influye fuertemente en la actividad metabólica de los tejidos, órganos de las plantas y los productos hortofrutícolas; siendo la refrigeración, la conservación poscosecha más utilizada, aunque esta tecnología en la mayoría de los productos hortofrutícolas presenta una alta susceptibilidad al daño por frío a temperaturas menores de 11 °C (Tano *et al.*, 2007; Chittravathi *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2019).

Las atmósferas controladas, modificadas y películas comestibles restringen los gases a intercambiar, es por esto que tienen su principio a través del proceso natural de la respiración, pero con el producto cerrado, lo que reduce la concentración de O₂, aumentando la concentración de CO₂ bajo intercambio de gas a través de la barrera de la película (Lee *et al.*, 1996; Beaudry, 2000; Mangaraj *et al.*, 2009; Ali *et al.*, 2015). La mayoría de las exportaciones de frutas y hortalizas están orientadas a cubrir la demanda de los mercados en distintas partes del mundo. Con la búsqueda de nuevos mercados de exportación ha

cambiado el rumbo hacia países europeos y a Japón; es por ello que para competir en esos mercados es necesario llegar con productos de excelente calidad. Debido a que las frutas y las hortalizas son altamente perecederas, es importante realizar un buen manejo después de la cosecha con el propósito de reducir la deshidratación y la pérdida de calidad durante la maduración y el mercadeo, ya que después de la cosecha se desencadenan una serie de sucesos propios de la maduración (Jayas y Jeyamkondan, 2002). Es por ello que es necesario estudiar tecnologías que permitan reducir el proceso de respiración, conservar las características físicas, organolépticas y microbiológicas de los productos; dado que la manipulación inadecuada, deterioro, así como la falta de conocimiento e inversión en poscosecha, entre otras, hacen que muchos productos no lleguen a su destino final; provocando con esto, pérdidas económicas graves a los productores, comercializadores y en ocasiones a los consumidores (Coles *et al.*, 2003).

II. HIPÓTESIS

La aplicación de ceras comestibles solas y en combinación con bolsas plásticas mantendrá, por lo menos, una semana más la vida comercial de los frutos de mango 'Kent', conservando sus características fisicoquímicas, fisiológicas y sensoriales bajo condiciones de simulación de mercadeo a 20 °C, posterior a un almacenamiento por 21 días a 10 °C.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Determinar el efecto de diversas tecnologías, solas y combinadas, sobre la calidad poscosecha de mango 'Kent', posterior a un almacenamiento por 21 días a 10°C, que simulan las condiciones del transporte marítimo.

3.2 Objetivos específicos

Determinar la producción de bióxido de carbono y oxígeno en frutos de mango 'Kent', tratados con tres ceras y dos bolsas plásticas, solas y combinadas, bajo simulación de transporte por 21 días a 10 °C.

Evaluar el efecto de la aplicación de tres ceras y dos bolsas plásticas, solas y combinadas, sobre la calidad física (firmeza, pérdida de peso, color externo e interno), química (pH, acidez titulable, sólidos solubles totales y relación °Brix/acidez) en frutos de mango 'Kent', con previo almacenamiento por 21 días a 10 °C.

Cuantificar el efecto de la aplicación de tres ceras y dos bolsas plásticas, solas o combinadas, en características fisiológicas (producción de CO₂ y etileno) de frutos de mango variedad "Kent", con previo almacenamiento por 21 días a 10 °C.

Determinar la aceptabilidad general con base en dulzor, acidez y aroma de frutos de mango variedad Kent, con almacenamiento por 21 días a 10 °C.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Generalidades del mango

El mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los frutos más codiciados dentro del grupo de los tropicales por sus características de color, olor y sabor. Actualmente es una de las frutas más importantes debido a su comercialización en el mundo y ocupa el quinto lugar en la producción de cultivos frutales (FAO, 2018). El mango es la fruta más importante para los habitantes de los trópicos y subtropicos particularmente en Asia de donde es originario y es considerado el “rey de las frutas” (Mukherjee y Litz, 2009).

4.2 Origen y distribución del mango

Durante el siglo XVI, el mango fue distribuido por el mundo a través de rutas marítimas, portugueses lo llevaron al continente africano, posteriormente a las costas de Brasil en América del Sur, donde se distribuyó al resto del continente. En el siglo XVII llegó a las costas del Golfo de México (Veracruz) procedente de la isla Barbados. Los españoles también introdujeron el cultivo del mango a México por las costas del estado de Guerrero en 1779 y por el Océano Pacífico directamente de las islas Filipinas. Actualmente el mango se cultiva por lo menos en 87 países de los cinco continentes, donde las condiciones climáticas tropicales y subtropicales lo permiten (Mata y Mosqueda, 1995). En México las variedades que se cultivan principalmente son; ‘Ataulfo’, ‘kent’, ‘Manila’, ‘Tommy Atkins’, ‘Haden’, ‘Criollo’, ‘Keitt’, ‘Oro’ (SIAP, 2020).

De la Cruz y García (2002) mencionan que hay más de 150 cultivares de mango producidos en todo el mundo. Las principales áreas de producción de mango son:

- Florida (USA), México, América Central
- Antillas (Islas Caribeñas)
- América del Sur
- África/Península Arábica

- Subcontinente indio
- China/Indonesia

4.3 Importancia económica del mango

4.3.1 Importancia mundial

El mango es considerado muy importante económica y socialmente debido a principalmente en las aquellas regiones en desarrollo de Latinoamérica. Para México es, además, una fuente de empleo, ingreso y generación de divisas significativas. Se estima que el mango es el tercer fruto tropical a nivel mundial, en cuanto a su producción e importación y el quinto de todos los frutos que se comercializan a nivel mundial (FAO, 2018). Los métodos mejorados de producción, manejo sanitario de cosecha, acondicionamiento, empaque y envío a muy diferentes partes del mundo, han aumentado su disponibilidad así como popularidad en los mercados mundiales, particularmente en el mercado más grande del mundo, Estados Unidos (EMEX, 2020).

La importación de mango mexicano tiene como principales clientes a Estados Unidos y Canadá, puesto que obtienen de nuestro país 66 y 64% del total que demanda su mercado interno. Lo mismo Japón, el cual cubre 50% de su demanda con mangos cultivados en México (EMEX, 2020).

4.3.2 Importancia nacional

La producción de frutas tropicales en México es muy valiosa tanto para la industria de los alimentos, como para su consumo en fresco (FAO, 2019). En cuanto a la producción total de mango, en 2019 fue de 2, 088,760 t, siendo el mango 'Kent' el segundo en producción total con 309,452.53 t (SIAP, 2020).

La temporada de mango en México empieza en enero, se extiende hasta septiembre y octubre, con óptimas condiciones de desarrollo para su cultivo, cosecha y distribución. La producción en el país es beneficiada por la ventaja climática sobre otros países de centro y Sudamérica, por otro lado, el incremento en las exportaciones se debe al aumento de siembra de gran variedad de mango, con mayor demanda, pero sobre todo aceptación por los mercados internacionales, principalmente Estados Unidos, Canadá y Japón (EMEX, 2020).

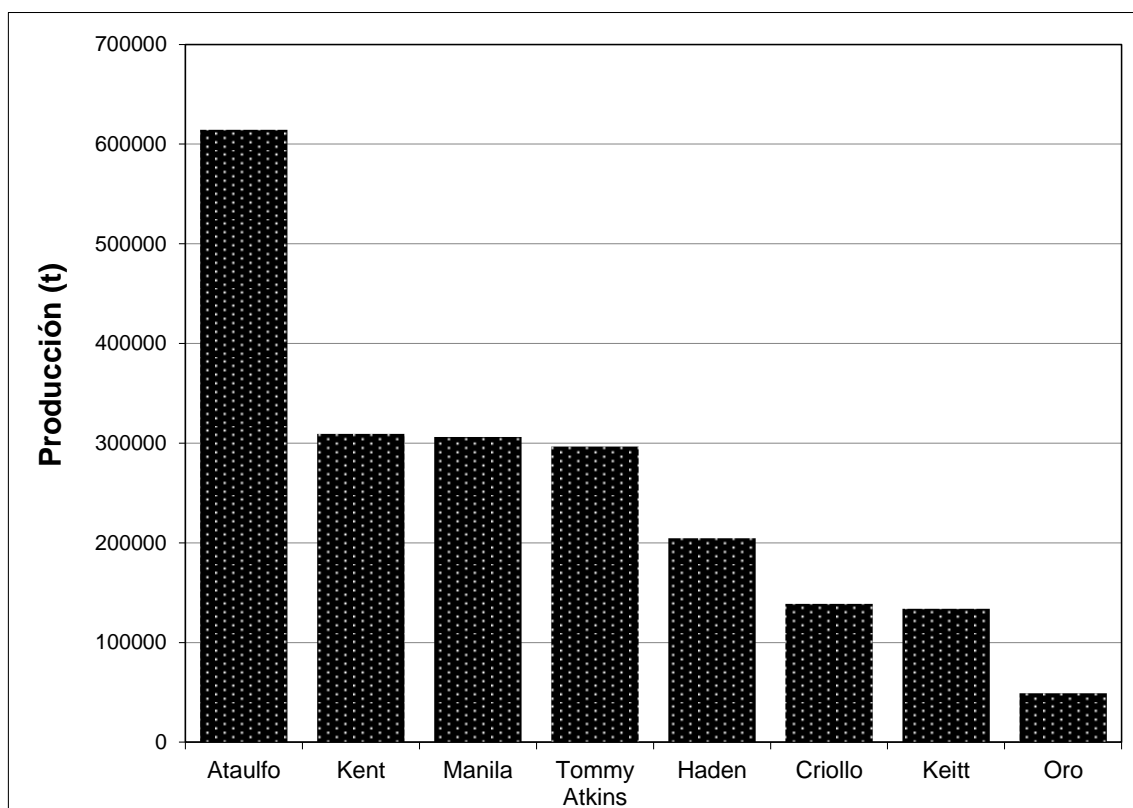


Figura 1. Producción de mango por variedad en el 2019 (SIAP, 2020)

El mango es el noveno producto hortícola de mayor volumen de exportación a Estados Unidos de América, en la temporada 2017-2018 superado por tomate, aguacate, pepino, limón verde, chiles picosos, pimiento, sandía y calabacita, con

estos productos se obtuvo un volumen exportado de casi 70% del total aportando 9,062,975 de toneladas (USDA, 2019).

Actualmente, dentro de las 53 especies frutícolas que se cultivan en el país, el mango ocupa el tercer lugar en superficie cosechada con el 16.5% del total nacional (detrás de la naranja y el plátano) y primer lugar durante los dos últimos años en lo que a productos frutícolas de exportación se refiere (FAO, 2019).

Cuadro 1. Importaciones de mango mexicano a Estados Unidos por mes durante 2019.

Fecha	Libras	Cajas de 8.8 lbs
Enero	2,911,834	330,890
Febrero	19,185,011	2,180,115
Marzo	62,673,821	7,122,025
Abril	101,467,914	11,530,445
Mayo	128,099,014	14,556,706
Junio	134,622,222	15,297,980
Julio	137,058,419	15,574,820
Agosto	105,977,659	12,042,916
Septiembre	50,926,796	5,787,136
Octubre	2,039,594	231,772
Total	744,962,284	84,654,805

(USDA, 2019)

En México, la producción de mango en el año 2019 osciló en 2,088,760 t. El 89% de la superficie cultivada se encuentran en los estados de Sinaloa, Guerrero, Nayarit, Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Jalisco, Veracruz, Colima y Campeche; alrededor de 80% de la producción es cosechada durante los meses de abril a agosto. Por su parte, el estado de Sinaloa se ubica en primer lugar, en cuanto al volumen de producción, aportando más del 19% de la producción nacional (SIAP, 2020).

Cuadro 2. Principales estados productores de mango en 2019.

Estado	Producción (t)
Sinaloa	397,780.11
Guerrero	390,750.85
Nayarit	322,154.81
Chiapas	268,373.93
Oaxaca	208,798.27
Michoacán	161,810.22
Jalisco	114,959.86
Veracruz	99,539.63
Colima	57,539.63
Campeche	32,396.57

Fuente: SIAP (2020)

4.3.3 Importancia estatal

En Sinaloa, los primeros huertos comerciales fueron plantados en áreas que contaban con sistema de riego en las regiones centro (Culiacán), norte (Ahome), para finalmente desplazarse a la región sur (El Rosario) donde creció con mayor impulso, encontrándose bajo condiciones de temporal el 85% de las huertas y solamente el 15% restante en condiciones de riego (Ireta y Guzmán, 2002).

Sinaloa se caracteriza por producir frutos de mango con calidad de exportación, ya que las características climatológicas y fertilidad de la tierra favorecen su desarrollo. Por tal motivo, aprovechando sus características, se ha promovido la búsqueda de variedades para mejorar rendimiento, resistencia a enfermedades y larga vida de anaquel. Por tal razón, a partir de 1984, se introducen en Sinaloa clones y selecciones de mango de diversas regiones del mundo para formar bancos de germoplasma de este frutal (FPS, 2018).

4.4 Morfología y taxonomía del mango

El mango (*Mangifera indica* L.) pertenece a la familia *Anacardiaceae*, la cual comprende 64 géneros, entre los que también se encuentran: *Anacardium occidentale* (marañón), *Pistacia vera* (pistache) y *Spondias purpurea* (ciruela mexicana), considerados como frutales de menor importancia económica en comparación con el mango (Hulme, 1971; Mata y Mosqueda, 1998).

Se trata comúnmente de un árbol frondoso de 20 a 40 m de altura, de copa redonda, siempre verde, con inflorescencia (panícula) provista de numerosas ramas y desde 550 hasta 4000 flores (Galán-Saúco, 1999). El fruto es una drupa carnosa que varía en forma redonda u ovalada, con tamaño hasta más de 2 kg, su color depende de la variedad (Thompson, 2003; Mukherjee y Litz, 2009).

Cuadro 3. Clasificación taxonómica del mango

División	Phanegamae
Clase	Dicotiledoneae
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Suborden	Anacardiineae
Familia	Anacardiaceae
Género	<i>Mangifera</i>
Especie	<i>indica</i>

Fuente: Galán (1999)

4.5 Composición nutricional

La composición del mango varía considerablemente entre las distintas variedades y estados de madurez. Los mangos verdes son ácidos, astringentes, ricos en vitamina C. Los maduros son muy dulces, ricos en pro-vitamina A y moderadamente rico en vitamina C, B1 y B2, además de ser aromático. Los principales azúcares libres

presentes en la fruta son glucosa, fructosa y sacarosa, las cuales generalmente aumentan durante la maduración. Sin embargo, el contenido de sacarosa aumenta de tres a cuatro veces debido a la hidrólisis del almidón, la cual es el principal azúcar de los mangos maduros. Aunque también se han detectado pequeñas cantidades de xilosa y arabinosa (Lakshminarayana, 1980; Galán, 1999; Mukherjee y Litz, 2009).

4.6 Mango 'Kent'

Esta variedad está catalogado dentro del grupo de los mangos de Florida (USA), el árbol es grande, vigoroso con una copa densa y vertical, la fruta es de color amarillo verdoso con rubor rojo con puntos amarillos muy pequeños, su forma ovalada, ensanchada, con un tamaño de fruto que suele variar desde los 400 a 750 gramos, con respecto a la pulpa su consistencia es media, de poca fibrosidad, de color amarillo intenso o amarillo naranja, con un rico sabor dulce y agradable aroma, de excelente calidad; su semilla es monoembrionaria (Johnson y Hofman, 2009; Knight, *et al.*, 2009). El mango 'Kent' está disponible en el mercado desde marzo hasta noviembre (EMEX, 2019)

4.7 Fisiología poscosecha de frutas y hortalizas

La vida útil de las frutas y hortalizas puede definirse como el período de tiempo desde la cosecha hasta su consumo (Kader, 1986). Es necesario proteger en cada etapa los frutos, de cualquier riesgo que pueda reducir la calidad de la fruta y causar graves pérdidas económicas, ya que su descomposición daría como resultado frutas no comercializables (Prusky *et al.*, 2009).

4.7.1 Clasificación fisiológica del fruto de mango

Cuando la fruta de mango se retira del árbol antes de su maduración, es muy firme, pero conforme transcurre el tiempo se ablanda progresivamente, cambiando de color y desarrolla un aroma distintivo de cada variedad (Johnson y Hofman, 2020). Las frutas y hortalizas continúan sus procesos metabólicos después de la cosecha, en algunos productos, principalmente en frutos climatéricos, como el mango, estos

procesos son la principal causa de su deterioro durante su almacenamiento (Badillo y Segura-Ponce, 2020). Aunque, el deterioro de la fruta está asociado con actividades fisiológicas y bioquímicas, el cual comienza desde el momento que son separados de la planta (Zagory y Kader, 1988).

4.7.2 Índice de cosecha

El comportamiento fisiológico y el estado de madurez del fruto permite seleccionar el método adecuado de cosecha, el cual se clasifica en: a) medios visuales, ya sea por el color de la piel (plátano, mango, litchi) o el llenado del fruto (mango); b) por cuenta o cálculo de días transcurridos desde la floración hasta el corte (maíz, manzanas, peras); c) métodos fisiológicos, como el comportamiento respiratorio del fruto; d) análisis químico, por medio de la determinación de azúcares (uva, fresa) y acidez (cítricos, carambola), relación de azúcar-ácido (naranja), así como del contenido de almidón (papa) y aceite (aguacate, semillas); e) análisis físicos, por densidad (cerezas, sandía) (Pantástico, 1979).

En el caso particular de los mangos, algunas características, como son la forma de la fruta (desarrollo de hombros y pico en 'Kent' y 'Keitt'), el aspecto de las lenticelas (aumento en tamaño y cambio en 'Tommy Atkins'), el color de la cáscara y pulpa, firmeza, peso, sólidos solubles (°Brix), acidez titulable, la edad del fruto y las unidades de calor acumuladas, han sido considerados como índices de madurez (Yahia, 1997; Galán,1999).

4.7.3 Maduración

La maduración es parte esencial para la vida del mango, la cual es un proceso irreversible que constituye cambios físicos que determinan principalmente la textura y consistencia del fruto; así como, cambios químicos que le proporcionan peculiares aromas, sabores y colores al fruto maduro, apto para ser consumido (Wills *et al.*, 1998). Durante el proceso de maduración, la fruta al inicio es ácida, astringente y rica en ácido ascórbico (vitamina C) (Mukherjee y Litz, 2009).

4.7.4 Respiración y producción de etileno

Los productos hortofrutícolas son clasificados, de acuerdo con el patrón de respiración, producción de etileno y aumento de bióxido de carbono al inicio de la maduración, en climatéricos y no climatéricos (Barry y Giovannoni, 2007). El mango está clasificado como fruto climatérico, dentro de la clase de velocidad baja, ya que el mango produce alrededor de $61 \text{ mL kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ de CO_2 a una temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (Kader *et al.*, 1989).

El proceso de respiración es considerado como el evento metabólico principal que se lleva a cabo en cualquier producto cosechado o parte viva de una planta. Se describe como la degradación oxidativa de materiales complejos que normalmente se encuentran presentes en las células, tales como, almidones, azúcares y ácidos orgánicos, en moléculas más simples como el dióxido de carbono (CO_2) y agua, durante este proceso existe una producción de energía y de otras moléculas que la célula utiliza para realizar otras reacciones de síntesis (Wills *et al.*, 1998; Salisbury y Ross, 2000). Dicho proceso es influenciado por varios factores intrínsecos como tamaño del producto, la variedad, la madurez y factores extrínsecos como la temperatura, la concentración de O_2 y CO_2 , así como daños mecánicos (Mattos *et al.*, 2012).

Bhande *et al.* (2008) reportan que a medida que aumentaba la temperatura, la respiración tenía un ritmo más acelerado, es decir, la tasa de respiración depende de varios factores como el estado de madurez y la temperatura de almacenamiento. El mango es una fruta climatérica, durante la maduración aumenta la producción de etileno (Mukherjee y Litz, 2009; Zagory y Kader, 1988). El etileno (C_2H_4) es el más simple de los compuestos que afecta procesos fisiológicos de plantas, frutos y algunos microorganismos (Irtwange, 2006). Como hormona vegetal, el etileno regula muchos aspectos del crecimiento, desarrollo y senescencia siendo fisiológicamente activo en pequeñas cantidades (Bhande *et al.*, 2008).

La velocidad de deterioro (percecibilidad) de las frutas, hortalizas y flores cortadas generalmente es proporcional a su velocidad de respiración. Entre los factores que afectan la respiración de los frutos se encuentra la disponibilidad del sustrato, la disponibilidad de oxígeno, temperatura, variedad, así como tiempo de cosecha (Salisbury y Ross, 2000).

Shan y Hashmi (2020) encontraron que, con aplicaciones de quitosano y *Aloe vera* en mango cv. White Chaunsa analizado a los 0, 7, 14, 21, 28 y 33 días en simulación de mercadeo, la tasa de respiración tanto del testigo como de aquellos con recubrimiento fueron reducida y después de 7 días presentaron un aumento, con un pico de respiración en el testigo después de 14 días y en los recubiertos después de los 231 días, con promedios de $40 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de CO_2 .

El etileno tiene un papel importante en la vida poscosecha de los productos hortofrutícolas, a menudo nocivo, ya que acelera la senescencia y reduce la vida de anaquel de los productos; sin embargo, a veces es benéfico, mejorando la calidad del producto al promover una maduración más rápida y uniforme antes de su distribución a minoristas (Sherman, 1985).

Cua y Lizada (1990) mencionan que una reducción en las tasas de producción de etileno en atmósferas con elevado CO_2 origina una maduración menos acelerada, en cuanto a mayor firmeza de la pulpa y menor oxidación de ácidos orgánicos.

Mattos *et al.* (2012) encontraron que el intercambio de gases y la tasa de respiración a través del material del envase para la creación de la atmósfera, son los procesos involucrados que se encargan de extender o demeritar la vida útil de las frutas y hortalizas, siendo de vital importancia la selección inicial del producto.

4.8 Manejo poscosecha del fruto de mango

La mayoría de las frutas climatéricas, como es el caso del mango, maduran en el árbol al igual que en poscosecha. Sin embargo, la mejor calidad comercial y la mayor

vida de almacenamiento se obtienen cuando la fruta es cosechada en su madurez fisiológica y posterior maduración (Mata y Mosqueda, 1995; Yahia, 1997).

Es por ello que la calidad de los frutos, es altamente dependiente de la madurez del fruto a la cosecha (Brecht, 2020). Los frutos que son cosechados demasiado temprano (inmaduros fisiológicamente) son más sensibles a los daños por tratamiento hidrotérmico y daño por frío que ocasionan pérdidas, debido a que no alcanzan madurez de consumo o no maduran, mientras que su calidad sensorial es muy pobre, pero si los frutos se cosechan en estado de madurez avanzado, la vida útil se reduce considerablemente, ya que se aumenta la susceptibilidad a daños mecánicos y a enfermedades (Brecht *et al.*, 2016). En general, la calidad de los frutos está directamente relacionada con la madurez a la cosecha, misma que determina la calidad de la fruta madura (Kumar *et al.*, 2019; Brecht, 2020).

Las frutas y hortalizas son susceptibles a muchas enfermedades poscosecha causadas por una gran cantidad de patógenos, la estrategia para controlar estas enfermedades son el uso de remedios fáciles de aplicar, así como preventivas contra lo establecido (Usall *et al.*, 2016). Es por ello que debido a la naturaleza altamente perecedera de la fruta de mango y la gran susceptibilidad que presenta al daño por frío limitan su comercio internacional cuando se almacena por debajo de los 13 °C, siendo la temperatura óptima entre 12 a 13 °C. Durante las primeras 2 a 3 semanas donde se pierden en gran medida su calidad (Singh y Zaharah, 2015). El manejo poscosecha de los mango es la última fase de la distribución de este (desde el árbol hasta la mesa), para optimizar esta actividad, se debe buscar los mejores usos en todos los grados de madurez de la fruta (Kader, 1986; Jhonson y Hofman, 2009).

4.8.1 Vida de anaquel

La vida de anaquel o vida útil del fruto puede definirse como el tiempo desde la cosecha hasta el consumo del mismo y el producto alimenticio permanece seguro en condiciones recomendadas de almacenamiento. Esta se ve afectada por factores

intrínsecos como la respiración, producción y sensibilidad del etileno, transpiración, así como la descomposición fisiológica (Irtwange, 2006; Bhande *et al.*, 2008).

4.8.2 Enfermedades poscosecha

El mango es una especie afectada por numerosas plagas y enfermedades; se han citado a más de 90 patógenos, más de 350 especies de insectos, una decena de ácaros, así como otras tantas especies de nemátodos, inductores de daños a este frutal (Galán, 1999). Las principales enfermedades poscosecha que afectan al mango en Sinaloa son las causadas por hongos, las cuales se manifiestan constantemente y en todas las regiones productoras del estado (Ireta y Guzmán, 2002). Brecht y Yahia (2005) mencionaron que almacenar a bajas temperaturas no es un tratamiento antifúngico, pero es capaz de reducir el deterioro del producto hortofrutícola, de tal manera que influye tanto en el huésped como en el patógeno.

4.9 Tecnologías para extender la vida útil del fruto de mango

Existen tratamientos físicos, como calor, incluidos tratamientos con agua caliente, aire caliente, radiofrecuencia, microondas, radiación ultravioleta, buenos para extender la vida poscosecha con atmósferas controladas y modificadas como herramientas complementarias para reducir o retrasar el desarrollo de enfermedades posteriores a la cosecha (Usall *et al.*, 2016).

Los frutos de mango generalmente se cosechan en etapa verde-madura, los cambios posteriores a la cosecha se relacionan principalmente con los eventos asociados a la maduración y a la senescencia, así como los efectos de las técnicas de manipulación durante su manejo poscosecha (Elhefny *et al.*, 2012).

4.9.1 Almacenamiento

El almacenamiento es esencial para extender el período de consumo de las frutas y hortalizas, de esta manera se regula su suministro al mercado final, así como también el transporte a largas distancias (McGregor, 1987).

Dependiendo de la variedad, las frutas verdes se pueden mantener a bajas temperaturas y elevada humedad relativa, las cuales, durante el almacenamiento son los dos factores más importantes en regular todos los procesos bioquímicos y fisiológicos que intervienen durante la maduración y senescencia de las hortalizas frescas (Brecht y Yahia, 2005).

El motivo principal de almacenar los productos hortícolas frescos es controlar la tasa de transpiración, la respiración y la infección de enfermedades, con el objetivo de preservar los productos en mejores condiciones hasta llegar a los consumidores (Bhande *et al.*, 2008).

Usall *et al.* (2016) mencionan que el almacenamiento en atmósferas controladas y/o modificadas, en combinación con temperaturas óptimas, es utilizado ampliamente para extender la vida poscosecha y mantener la calidad de las frutas tropicales y subtropicales por mayor tiempo.

4.9.2 Refrigeración

La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes, ya que regula las etapas del crecimiento y desarrollo de las plantas. El control de esta ha sido por mucho tiempo la práctica poscosecha más importante para el manejo de productos hortofrutícolas, mismos que responden de manera diferente a diferentes temperaturas, especialmente los de origen tropical, subtropical o templado (Yahia *et al.*, 2019).

El almacenamiento en frío puede considerarse como el principal método físico para reducir o retrasar las enfermedades bióticas y abióticas en frutas y hortalizas frescas, es por ello que, bajar la temperatura del producto lo más rápido posible después de la cosecha mantendrá un alto nivel de calidad por mayor tiempo (Usall *et al.*, 2016).

Bajas temperaturas por tiempos prolongados disminuyen actividades enzimáticas, reducen la tasa de utilización de sustratos (carbohidratos, ácidos orgánicos y otras reservas) y alteran la composición del aire (bajo nivel de O₂ y CO₂ ligeramente alto),

la cual es un factor externo importante, que al ser modificada convenientemente, la fruta se mantiene en mejores condiciones, aumentando su vida después de la cosecha tanto como sea posible (Bhande *et al.*, 2008; Salehi, 2020).

Entonces, el deterioro de las frutas y hortalizas depende en gran medida de la temperatura, ya que disminuye la respiración, el estrés causado por la cosecha y manejo poscosecha (Usall *et al.*, 2016). Cuando hay cambios en la temperatura la permeabilidad de la película se ve afectada, por lo tanto, el contenido de O₂ y CO₂ de la atmósfera modificada (Mattos *et al.*, 2012).

Yahia *et al.* (2019) mencionan que el daño por frío en el fruto de mango se caracteriza por mostrar decoloraciones oscuras similares a escaldaduras alrededor de las lenticelas de la cáscara, mismas que pueden producir lesiones más o menos circulares, también pueden observarse picaduras en la cáscara, mientras que la decoloración y el desarrollo de sabores extraños se forman en la pulpa.

4.9.3 Transporte

Los mangos destinados para almacenamiento o transporte distante tienen que ser cosechados fisiológicamente maduros (verde maduro), pero antes del inicio de la maduración. Frecuentemente los mangos que son transportados a distancias bastantes largas. En el comercio internacional van desde 3 a 4 semanas, es por ello que es muy común el uso de atmósferas controladas y/o modificadas durante el transporte marítimo prolongado (Brecht, 2020). La temperatura ideal de transporte de frutos de mangos es de 13 °C con 85 a 90% de humedad relativa durante un periodo de 2 a 3 semanas (McGregor, 1987).

La temperatura óptima para el almacenamiento y transporte del mango es la misma que la temperatura umbral de enfriamiento específica para cada cultivar (10 a 15 °C) para los mangos verdes maduros, a medida que la fruta está más madura, el umbral de enfriamiento disminuye (10 a 5 °C), pero la duración del almacenamiento es considerablemente menor para frutos maduros que para frutos verdes (Brecht, 2020).

Para mantener la calidad y vida de anaquel de las frutas y hortalizas es importante mantener la cadena de frío. Para el transporte de estos productos por vía terrestre se realiza mediante tráiler, por lo que el sistema de transporte debe ofrecer las condiciones necesarias que garanticen un buen manejo. Principalmente, estas unidades deberán de presentar un sistema de refrigeración eficiente, estar limpios, caja en buenas condiciones (piso, pared y techo), así como buen sistema de sellado de puerta (McGregor, 1987; Mata y Mosqueda, 1998).

Bhande *et al.* (2008) mencionan que la temperatura y composición del aire de almacenamiento son factores que se pueden manipular para mantener la fruta en perfectas condiciones hasta más allá de su temporada normal.

Las frutas y hortalizas continúan sus procesos metabólicos después de ser cosechadas, principalmente en los frutos climatéricos, provocando su deterioro durante el almacenamiento, por ello es de gran relevancia mantener las condiciones tanto de transporte como mercadeo, evitando así la tasa de deterioro con diferentes estrategias para su manejo poscosecha (Badillo y Segura, 2020)

4.9.4 Atmósferas controladas y modificadas

Modificar la atmósfera, aunado a baja temperatura y adecuada humedad relativa, puede ayudar a mantener la calidad, reducir la pérdida de frutas tropicales, retrasar los daños mediante la reducción de la tasa de respiración e inhibición del etileno, para mantener por mayor tiempo la calidad nutricional (Cua y Lizada, 1990; Kader, 1994; Mattos *et al.*, 2012).

Las atmósferas controladas y modificadas, son técnicas basadas en la composición del gas atmosférico, diferente a la normal mediante el aumento del dióxido de carbono (CO₂) y la reducción del oxígeno (O₂) (Elhefny *et al.*, 2012; Usall *et al.*, 2016; Beaudry, 2020). Kader *et al.* (1989) recomiendan valores de 3 a 7% de oxígeno y 5 a 8% de CO₂ para temperaturas de 10 a 15 °C, pero también advierten que dependiendo del estado de madurez existe mayor susceptibilidad o estrés con bajo O₂ y alto CO₂.

El retraso de la maduración de frutas tropicales por atmósferas modificadas puede facilitar el transporte a mercados lejanos, así como el almacenamiento a temperaturas superiores que pueden causar daño por frío (Kader, 1994). Las atmósferas adecuadas pueden reducir la tasa de respiración y la producción de etileno, por ende, los cambios fisiológicos correspondientes a la maduración tales como inhibición de mecanismos químicos, enzimáticos y microbiológicos asociados a la descomposición de productos frescos (Mattos *et al.*, 2012).

La aplicación de estas tecnologías de almacenamiento para preservar frutas y hortalizas frescas después de la cosecha, se ven limitadas en gran medida por respuestas fisiológicas, mismas que requieren el apoyo de otras tecnologías, incluidos los tratamientos especiales, tanto antes o después de su cosecha, pero sobre todo se requiere un almacenamiento rápido después de la cosecha (Thompson *et al.*, 2018; Beaudry, 2000). En estas tecnologías, la tasa de respiración del producto y la permeabilidad a los gases, de la película de almacenamiento, son los procesos básicos para diseñar dichas atmósferas (Badillo y Segura-Ponce, 2020).

En atmósferas modificadas se requiere que se afine la aplicación de esta tecnología para superar limitaciones técnicas, lograr los bajos niveles de O_2 , desarrollar combinaciones óptimas que lo mantengan dentro los niveles de tolerancia, a medida que se hagan cambios de temperatura y humedad relativa. Pero si dichos niveles disminuyen por debajo de lo requerido para mantener la respiración aeróbica, puede resultar en fermentación (respiración anaerobia) cambiando el sabor, si los niveles de O_2 no son lo suficientemente bajos, las respuestas a estas atmósferas pueden favorecer la pérdida del producto ocasionando degradación de clorofila, pardeamiento de los tejidos y senescencia (Beaudry, 2000).

Cuando se logra el equilibrio, es porque la respiración del producto que se consume, es la misma cantidad de O_2 que ingresa al empaque y la producción de CO_2 por respiración es igual a la cantidad que sale del empaque (Mattos *et al.*, 2012).

El principio básico detrás de las técnicas de almacenamiento en atmósferas modificadas es la manipulación de la frecuencia respiratoria del producto almacenado (Bhande *et al.*, 2008).

El almacenamiento de los frutos de mango por tiempos prolongados, se utiliza para transporte, comúnmente por tres semanas y menos frecuente de cuatro semanas, aunque puede ser muy útil para transporte marítimo extendido, con la tecnología adecuada (atmósfera modificada) puede ser muy rentable (Brecht, 2020).

La modificación de la atmósfera está controlada por la interacción de la frecuencia respiratoria, transferencia de gas por el material de embalaje y por la transferencia de gases a través del tejido de la fruta (Badillo y Segura, 2020).

4.9.5 Uso de ceras

Los recubrimientos comestibles se usan en frutas y hortalizas para extender vida útil y mejorar la apariencia (Baldwin *et al.*, 1999). La utilización de ceras comerciales ha mostrado efectos benéficos para reducir la respiración y pérdida de agua de diversos frutos como pepino, tomate, chile pimiento, melón, etc., lo que permite prolongar su vida poscosecha. Frutos encerados reducen su actividad metabólica y pérdida de agua hasta en 50% bajo condiciones comerciales, particularmente si existen heridas de corte y algunos otros daños, los cuales son cubiertos por la cera (Wills *et al.*, 1998).

El propósito fundamental de la aplicación de ceras es sustituir las ceras naturales que son removidas durante las operaciones de lavado de los frutos, así como también para reducir la pérdida de agua y mejorar su apariencia durante la comercialización (Ben-Yehoshua *et al.*, 1983).

Las ceras pueden inducir indirectamente cambios en el sabor debido a la maduración tardía o como resultado de la respiración anaeróbica, aumentando, las concentraciones de etanol, como se describe para el almacenamiento con atmósferas controladas y/o modificadas. Su uso puede atrapar compuestos volátiles

aromáticos y aumentar sus concentraciones. Los recubrimientos comestibles pueden aplicarse en forma de finas capas de material alrededor del fruto mediante inmersión, pulverización o envolturas con el fin de ofrecer una barrera selectiva a la transmisión de gases, vapor de agua y otros solutos, también para proteger el alimento (Balwin *et al.*, 1999).

4.9.6 Películas plásticas

Una película restringe el intercambio de gases, lo que quiere decir que el producto genera atmósferas modificadas a través del proceso natural de respiración, lo que reduce la concentración de O₂ y aumenta la concentración de CO₂ bajo un intercambio de gases restringido a través de la barrera de película (Beaudry, 2000).

El empaque individual de frutos en películas plásticas ha mostrado efectos benéficos para extender la vida de los productos hortícolas después de cosecha (Mattos *et al.*, 2012). Frutos cubiertos con bolsas plásticas mantuvieron la firmeza y la apariencia fresca, por más del doble de tiempo, en comparación con los frutos utilizados como testigo (sin empacar) (Ben-Yehoshua *et al.*, 1983).

El uso de atmósferas modificadas y/o atmósferas controladas, como complemento a las bajas temperaturas, también ayuda a retrasar el proceso de senescencia. Niveles de O₂ por debajo del 8% y niveles de CO₂ por encima del 5% disminuyen el índice de respiración y retrasan la respuesta al etileno por parte de los frutos. Para ello los productos son envasados en películas plásticas en las cuales, o bien se mantienen las concentraciones óptimas de los gases durante toda la vida del producto (Atmósfera controlada), o la concentración de los gases no se controla (Atmósfera modificada), de manera que la concentración final dependerá de la respiración del producto, permeabilidad del envase y otros factores, como temperatura y humedad (Ospina y Cartagena, 2008).

Algunos productos tienen valores de tasa respiratoria alta, es por ello que cuando no tienen la película adecuada, pueden generar un metabolismo anaeróbico, el cual conduce a una proliferación de microorganismos anaerobios o aquellos que provocan

un sabor desagradable. Existen dos estrategias para regular el intercambio de gases con el uso de películas plásticas. La primera estrategia es utilizar películas que controlan continuamente el intercambio de O₂ y CO₂ dentro y fuera del paquete. La segunda estrategia es utilizar películas perforadas con pequeños agujeros o microperforaciones como la ruta principal de intercambio de gases (Beaudry, 2000).

El criterio básico para la formulación de películas plásticas a base de polímeros es que la permeabilidad del CO₂ debe de ser de 3 a 5 veces más la permeabilidad del O₂ (Mattos *et al.*, 2012).

Aharoni *et al.* (2008) probaron que las bolsas plásticas son un método adecuado para productos con concentraciones de CO₂ de moderada a alta y especialmente a los que son sensibles a la humedad excesiva y a la condensación de agua, utilizándose con gran éxito en envíos de larga distancia.

Candan (2008) encontraron que el mayor contenido de CO₂ se alcanzó en las bolsas, manteniendo niveles de O₂ seguros. En general, la atmósfera generada dentro de las bolsas fue efectiva en retrasar la pérdida de firmeza y de color verde de duraznos durante la conservación, pero no después en la vida poscosecha.

Cantín *et al.* (2008) concluyeron que las bolsas plásticas LifeSpan® son de gran ayuda para evitar que los frutos de cereza pierdan agua en almacenamiento prolongado de hasta 45 días en frío, pero no mayores a este tiempo porque desarrollaban sabores desagradables.

4.10 Parámetros para evaluar la calidad poscosecha en frutos de mango

Los índices de calidad del fruto de mango incluyen uniformidad de forma y tamaño, ausencia de pudriciones o defectos, color de piel característico del cultivar, así como el color de pulpa, firmeza de la pulpa (jugosidad, contenido de fibra) y sabor (dulzura, acidez, intensidad de aroma) (Kader, 2008).

4.10.1 Firmeza

La firmeza es considerada como indicador confiable de maduración en frutos de mango tanto en cosecha, madurez y manejo comercial, siendo una herramienta muy importante para los productores, minoristas, importadores y consumidores (EMEX, 1998; MCS, 2005; Padda *et al.*, 2011). La firmeza del fruto cambia de mayor en su cosecha a menor en la etapa de maduración completa (Reid, 2007).

Ulrich (1978), Rojas (1983) y Hardenburg *et al.* (1986) reportaron que la pérdida de firmeza en los frutos es un proceso normal, debido a que la maduración incluye muchos cambios químicos, tales como la transformación de materiales pépticos que cementan las paredes celulares, así como la hidrólisis de las redes de almidón, lo que conlleva al ablandamiento del fruto.

Después de la apariencia visual, el factor más importante es la firmeza, la cual está estrechamente asociada con el estado de madurez. A medida que van alcanzando la madurez fisiológica, los frutos se van ablandando por disolución de la lámina media de sus paredes celulares (Wills *et al.*, 1998).

Este ablandamiento puede valorarse subjetivamente mediante la presión ejercida por los dedos, pero también puede medirse objetivamente por medio de la expresión numérica de su dureza (newton, kg, lb, etc.), obtenida con un penetrómetro o un medidor de presión. Los resultados que se obtienen son el esfuerzo necesario para romper la pulpa en kilogramos fuerza (kg) newton (N) o libra fuerza (Lbf). A medida que se reduce la fuerza aplicada, la fruta está más blanda y es penetrada con mayor facilidad (Bourne, 1980). Según la norma mexicana de calidad para mango fresco (EMEX 1998), se reporta que mangos 'Kent' deberán presentar valores de firmeza al corte de 20.61 kgf, poco más de 200 N.

4.10.2 Pérdida de peso

La pérdida de peso es directamente proporcional a la pérdida de agua, es por ello que se tiene que considerar como punto crítico durante su manejo poscosecha,

porque no es la pérdida de peso si no que una mala apariencia, misma que se ve reflejada en lo que paga el consumidor por el producto de venta. Pérdidas de peso de tan solo 5% ocasionan arrugas y marchitamiento incluso en frutos grandes, siendo una de las principales causas de disminución o pérdida de apariencia, la mayoría de las hortalizas y frutas frescas dejan de ser comercializadas cuando pierden de 5 a 10% de su peso debido a la transpiración (Kader, 2002).

La transpiración en los vegetales se refiere al agua interna que se pierde por estomas, cutícula o lenticelas (Salisbury y Ross, 1994). Debido a que los estomas abiertos presentan poca resistencia a la transpiración, la cutícula de los frutos, la cual está compuesta de alcoholes de cadena larga, aldehídos, esteroides, ácidos grasos e hidrocarburos, ejercen un efecto sobre el movimiento del agua del fruto hacia el ambiente, es decir, restringen su paso (Pantastico, 1984).

Para disminuir este efecto, la circulación del aire dentro de las cámaras de almacenamiento debe ser suficiente, no muy alta que provoque la evaporación de agua de los tejidos superficiales del producto, ni muy baja que promueva la condensación de agua sobre la superficie de los mismos (McGregor, 1987).

La pérdida de peso durante el almacenamiento poscosecha es atribuida principalmente por el flujo de vapor de agua a través del tejido epidérmico, lo cual causa una reducción en la calidad comercial por las pérdidas en la apariencia, además de pérdidas económicas por la pérdida cuantitativa del producto (Wills *et al.*, 1999; Kader, 2002).

4.10.3 Color de frutas y hortalizas

El color es una de las características más importantes de la calidad de cualquier producto (Little, 1975). Uno de los principales atractivos de frutas y hortalizas es su color, ya que este atributo es el principal factor que atrae la atención del consumidor (Fennema, 1985). En frutos de mango además del tamaño, firmeza y sabor, uno de los factores más importantes que determinan su aceptación es, el color (Ayala *et al.*, 2005).

Para el consumidor, el color es un indicativo de la calidad gustativa. Éste se percibe cuando la luz que se refleja en la superficie de la fruta o vegetal toca la retina del ojo, es por ello que no hay color sin luz, y la percepción del color depende del tipo de intensidad de luz que se recibe. La evaluación de este parámetro puede ser tanto subjetiva como objetiva (Cantwell, 1998; Pathare *et al.*, 2013). Es subjetiva, cuando se usa el ojo humano para evaluar el color. Como se mencionó anteriormente el color es una cuestión de percepción, de interpretación subjetiva; expresarlo verbalmente es demasiado complicado e inexacto ya que para denominar un mismo color diferentes personas pueden basarse en referencias distintas y expresarlo con palabras diferentes, esto se debe a que hay muchas y variadas expresiones para denominar un color en particular. Es objetiva, cuando se utiliza un instrumento para proveer un valor específico de color basado en la cantidad de luz reflejada por la superficie del producto, o la luz que se transmite a través de él (Cantwell, 1998).

Mukherjee y Litz (2009) mencionan que la clorofila, los carotenos, las antocianinas y las xantofilas están presentes en la fruta. La piel es generalmente una mezcla de pigmentos verdes, rojos y amarillos, aunque el color del fruto en la madurez depende de la variedad. Durante la maduración los cloroplastos en la piel se convierten en cromoplastos, que contienen compuestos amarillos y rojos. El análisis del color es con frecuencia una consideración importante al determinar la eficacia de un tratamiento aplicado en poscosecha (McGuire, 1992).

Se ha establecido que el uso de instrumentos para la medición de color en diversos objetos es más efectivo que un análisis sensorial, ya que esta proporciona valores de color en base a las integraciones de señales captadas usando coordenadas x, y, z. Para la clasificación de colores de manera objetiva, se pueden descomponer en sus tres elementos primarios: “tono” (color), como ángulo de matiz, “claridad” (luminosidad) y “croma” (saturación). Estos tres elementos son las principales características de color (Minolta, 1994).

Tono o color verdadero ($^{\circ}$ Hue). Es considerado como el atributo cualitativo de color y está relacionado con las diferencias de absorbancia en diferentes longitudes de onda

(Pathare *et al.*, 2013). Dentro del círculo de color (Figura 2), se indica si el fruto es verde, amarillo o rojo, o el grado que representa dicha coloración, un ángulo de 0° es un color rojo, un ángulo de 90° corresponde a un color amarillo, 180° representa un color verde y 270° indica un color azul (Minolta, 2007). Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Ángulo de matiz (°Hue)} = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right)$$

Pureza del color (croma). Representa el grado de saturación de un color específico, valores bajos implican colores grisáceos (con menor pureza del color), mientras que valores altos representan mayor saturación del color, traducido como colores puros (Figura 2).

$$\text{Cromaticidad} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Luminosidad (L). Indica la claridad del color. Este parámetro se representa dentro de una esfera de color en el eje vertical, cuyos valores van de 0 a 100. Los valores altos indican colores luminosos o claros, mientras que los valores cercanos a cero indican los colores más oscuros o negros.

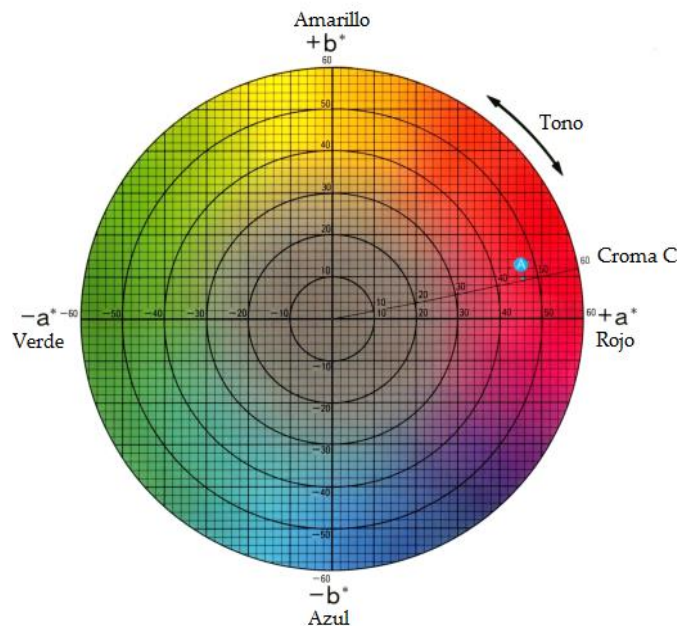


Figura 2. Diagrama del sistema de notación de color L*, a*, b*. Cromaticidad y ángulo matiz (°Hue).

4.10.4 Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno (pH) de la fruta es el modo de expresar la acidez. Este valor representa la presencia de grupos ácidos incluyendo ácidos orgánicos, fenoles y aminoácidos. Sin embargo, en los frutos se considera que los ácidos orgánicos proporcionan la mayor parte de los iones hidrógeno. Generalmente, durante la maduración, a medida que desciende la acidez el pH aumenta (Wills *et al.*, 1998).

4.10.5 Acidez titulable

La acidez titulable de los alimentos es expresada comúnmente en términos del ácido de mayor concentración presente en la muestra, teniendo principalmente la presencia de ácidos málico y cítrico. Además, también están presentes los ácidos oxálico, malónico, succínico, pirúvico, adípico, galacturónico, glucurónico, tartárico, glicólico y mucico (Wills *et al.*, 1998). Durante la etapa inicial y después del amarre de la fruta, esta es muy ácida y gradualmente la acidez disminuye conforme se acerca la madurez fisiológica (AOAC, 1998). El declive de la acidez durante la maduración puede ser atribuido principalmente a la disminución del citrato (Nagy y Shaw, 1980).

Los ácidos pueden ser considerados como una reserva más de la fruta, por lo que el contenido desciende en el período de máxima actividad metabólica durante el curso de la maduración. Similarmente, el pH del extracto de la fruta es un modo de expresar la acidez de esta. Este valor representa la presencia de grupos ácidos incluyendo ácidos orgánicos, fenoles y aminoácidos. Sin embargo, en las frutas, normalmente se considera que los ácidos orgánicos proporcionan la mayor parte de los iones hidrógeno, por lo que durante la maduración, a medida que la acidez desciende, el valor del pH aumenta de 4.0 a 4.5 (Wills *et al.*, 1998). En el caso de los mangos el ácido predominante es el cítrico (kader, 2008).

La fruta de mango contiene aminoácidos, carbohidratos, ácidos grasos, minerales, ácidos orgánicos, proteínas y vitaminas. Durante el proceso de maduración, la fruta es inicialmente ácida, astringente y rica en ácido ascórbico (vitamina C). El ácido

predominante es el ácido cítrico, pero también están presentes el ácido glicólico, ácido málico, ácido tartárico y ácidos oxálicos (Wills *et al.*, 1998; Mukherjee y Litz, 2009; Tompson, 2019).

4.10.6 Sólidos solubles totales

El valor de los sólidos solubles expresados en °Brix, relacionan la gravedad específica de una solución con la concentración de sacarosa pura. Así, el contenido de azúcar se puede medir directamente por procedimientos químicos, pero, como se conoce que este es 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 (Wills *et al.*, 1998).

Los azúcares son los principales constituyentes de los sólidos solubles totales (SST) presentes en el jugo de una fruta, por esto, se utilizan como un estimador del contenido de azúcar, aunque también lo constituyen los ácidos orgánicos, los aminoácidos y las pectinas solubles. Sacarosa, glucosa y fructosa son los azúcares que predominan en el sabor de frutos de mango (Wills *et al.*, 1998).

El incremento de los sólidos solubles en la calidad de los mangos, es debido a la ruptura de la cadena de almidón, pectina y sacarosa presentes en la fruta en estado verde a madura, donde este fenómeno proporciona estructuras individuales de glucosa y fructosa en los frutos maduros originando el sabor dulce (Wills *et al.*, 1998; Baldwin *et al.*, 2007).

Durante la maduración de la fruta, el almidón que se acumula en los cloroplastos se hidroliza a sacarosa, glucosa y fructosa. La sacarosa está presente en concentraciones ligeramente más altas que la fructosa o la glucosa. El contenido de ácidos orgánicos disminuye durante la maduración. El sabor a durazno de los mangos se atribuye a la presencia de lactonas (Thompson, 1985; Medlicott *et al.*, 1986). El contenido de SST, expresado como grados Brix, presenta valores alrededor de 9 a 10 cuando los frutos alcanzan su madurez (Wills *et al.*, 1998).

4.10.7 Relación °Brix/acidez (RBA)

Los ácidos orgánicos y los azúcares son componentes claves en la percepción del sabor del mango, así como en la mayoría de los frutos. La relación °Brix/acidez (RBA) es un indicador del sabor ya que se considera un balance entre lo dulce y lo ácido de la fruta (Malundo *et al.*, 2001).

Durante la maduración de los frutos de mango, los valores de acidez disminuyen a valores tan bajos como 0.1 a 0.2%. La reducción de la acidez y el incremento en los sólidos solubles durante la maduración del mango, juegan un papel muy importante en la relación azúcar/ácido, los cuales se encargan de dar el balance en el sabor del fruto (Nagy y Shaw, 1980).

4.10.8 Sabor y aroma

El sabor del mesocarpio de mango es una característica entre los carbohidratos, ácidos orgánicos, lactonas, hidrocarburos monoterpenos y ácidos grasos. Durante la maduración del mango el almidón que se acumula en los cloroplastos se hidroliza a sacarosa, glucosa y fructosa (Mukherjee y Litz, 2009).

El aroma de la fruta se debe a un complejo perfil de compuestos volátiles de los cuales se han identificado 267 en los que sobresalen los monoterpenos y sesquiterpenos, los cuales representan de 70 a 90% del total de compuestos volátiles en todas las variedades de mango (Narian *et al.*, 1998; Bender *et al.*, 2000; Lalel *et al.*, 2003). Al diseñar una atmósfera se tiene que establecer niveles seguros tanto de O₂ y CO₂ como temperaturas y tiempos de almacenamiento ya que estos pueden contribuir al inicio de la fermentación y en la acumulación de etanol y acetaldehído, los cuales están íntimamente relacionados con el desarrollo de sabores, olores y cambios en el tejido de la pulpa y cáscara (Mattos *et al.*, 2012). Baldwin *et al.* (2007) mencionan que la calidad del sabor se ve afectada por la madurez y el manejo poscosecha.

4.10.9 Análisis sensorial

El análisis sensorial se compone de un conjunto de técnicas para la medición precisa de las respuestas humanas a los alimentos, tratando de minimizar los posibles efectos sobre la información de productos, y otras influencias, que se pueden tener sobre la percepción de los consumidores. El análisis sensorial ha sido definido como un método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos, obtenidas por los sentidos de la vista, olfato, tacto, sabor y oído (Lawless y Heymann, 2010).

Visuales: son de los aspectos más importantes que caracterizan a la calidad en base al tamaño, la forma, el brillo, el color y la ausencia de defectos visuales. Táctiles y auditivos: la textura de un producto es un atributo complejo como sensaciones por los labios, la lengua, los dientes, el paladar y los oídos. Olfatorios: el aroma de los productos frutihortícolas debido a la influencia de numerosos compuestos. Gustativos: aquellos que son percibidos por el sentido del gusto, entre ellos la dulzura, amargura, acidez y salinidad (Mondino y Ferrato, 2006).

Los sentidos humanos han sido utilizados para evaluar la calidad de los frutos. En ocasiones, la calidad de los alimentos es evaluada por personas expertas, las cuales están a cargo de la producción o de tomar decisiones acerca del proceso para asegurar que el producto tenga las características deseadas. La evaluación sensorial moderna reemplaza a dichos expertos, con paneles de personas que participan en pruebas con métodos específicos, que forman parte de experimentos (Lawless y Heymann, 2010).

4.10.10 Pruebas afectivas

Una prueba afectiva trata de cuantificar el grado de aceptación de un producto, mediante métodos de prueba hedónica. Las pruebas hedónicas son aquellas destinadas a medir cuánto agrada o desagradan un producto. En estas pruebas se ofrece a las personas una opción entre los productos alternativos a analizar y para determinar si hay una clara preferencia por alguno. Un problema con las pruebas de

opción es que no son muy informativas sobre la magnitud de agrado o desagrado de los encuestados y proporciona una escala de agrado con una categoría neutral centrada, con puntos etiquetados a los adverbios que representan los cambios en el tono hedónico. En otras palabras, es una escala con propiedades como regla cuyos intervalos iguales son susceptibles de análisis estadístico (Lawless y Heymann, 2010).

La principal preocupación del análisis sensorial es asegurar que el método de prueba utilizado es apropiado para contestar las preguntas que han sido planteadas acerca del producto en la prueba. Por dicha razón, las pruebas son clasificadas de acuerdo con su propósito principal y la validez de su uso. Hay tres tipos de pruebas sensoriales utilizadas comúnmente: pruebas de discriminación, descriptivas y afectivas (Lawless y Heymann, 2010).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos de mango 'Kent' fueron cosechados manualmente el 16 de agosto de 2019 en el huerto comercial 'Rancho El Encanto', ubicado en Navolato, Sinaloa. Los cuales fueron trasladados, el mismo día de cosecha, al Laboratorio de Calidad Poscosecha del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., unidad Culiacán. Posterior a su arribo, los frutos fueron lavados con agua clorada (200 ppm), se homogenizaron en base a tamaño, estado de madurez y libres de daños o defectos visibles.

Se separaron en lotes de 30 frutos para la aplicación de los tratamientos, que consistieron en bolsa plástica (LifeSpan®), bolsa plástica perforada (PolyPack®), y ceras (Charol Mango, Charol Mango Plus y Natural Shine®), utilizadas individualmente y en forma combinada, como se describe en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos.

-
1. Testigo
 2. Charol Mango
 3. Charol Mango Plus
 4. Natural Shine TFC-210®
 5. LifeSpan®
 6. LifeSpan® + Charol Mango
 7. LifeSpan® + Charol Mango Plus
 8. LifeSpan® + Natural Shine TFC-210®
 9. PolyPack®
 10. PolyPack® + Charol Mango
 11. PolyPack® + Charol Mango Plus
 12. PolyPack® + Natural Shine TFC-210®
-

Posterior a la aplicación de los tratamientos se pusieron en una caja plástica para ser almacenados por 21 días a 10 ° C y 80 a 90 % de humedad relativa (HR). Dichas variables fueron registradas con un higrómetro digital marca HOBO, para mantener el control de temperatura y HR, y simular el transporte marítimo para la entrega de mangos a los mercados internacionales. Después de transcurrido cada período de tiempo, se retiraron las bolsas plásticas y las frutas fueron colocadas bajo condiciones de simulación de mercadeo (20 ° C y 80 % HR). Las evaluaciones de calidad física y química se realizaron cada 2 días y diariamente las evaluaciones fisiológicas, durante el período de simulación mercadeo, por un lapso de 6 días.

5.1 Análisis fisiológicos

5.1.1 Medición de la atmósfera

Esta se realizó en las bolsas de plástico (PolyPack® y Lifespan®) con los frutos dentro de la cámara de almacenamiento. En la muestra de gas obtenida se determinaron las concentraciones de O₂ y CO₂ en cada una de las atmósferas mediante un analizador de gases (modelo 900141, Bridge Analysers). El instrumento fue calibrado con aire del ambiente y se utiliza un sensor electroquímico para la determinación de O₂ y un detector infrarrojo para CO₂. Durante la medición de la composición del gas se insertaban un par de agujas hipodérmicas que estaban conectadas a la entrada y salida del analizador. En la bolsa fueron marcados los sitios con piezas de cinta adhesiva, para hacer las conexiones en el mismo lugar y evitar cualquier tipo de fuga. Cabe mencionar que el equipo funciona tomando una muestra de aire (entrada), la cual pasa por los sensores y es regresada por una aguja de salida del analizador, para no alterar la atmósfera presente dentro de la bolsa (Brecht y Sargent, 2016).

5.1.2 Tasa de respiración y producción de etileno

Para medir la producción de CO₂ y etileno por efecto de la respiración, se colocó un fruto de cada tratamiento previamente pesado, en frascos de vidrio de 3.7 L de

capacidad con el fin de monitorear el producto de la respiración de dichos frutos. Los frascos fueron adaptados con mangueras de salida y entrada de aire, los cuales estaban conectados a un tren de respiración con flujo constante de aire (60 mL min^{-1} , aprox.), libre de CO_2 por 6 días. El flujo del aire fue cuantificado directamente en la manguera de salida del frasco mediante un flujómetro (Intelligent Digital Flowmeter), con valores constantes en mL min^{-1} . Muestras de aire de la manguera de salida fueron tomadas diariamente durante el almacenamiento en mercadeo. Con una jeringa hipodérmica se tomaba 1 mL del aire circulante en el frasco de vidrio para ser analizadas en un cromatógrafo de gases (GC System, Agilent Technologies 7828A), el cual está equipado con dos detectores; uno de conductividad térmica (TCD) para la cuantificación de CO_2 y otro de ionización de flama (FID) para etileno. Para la separación de los gases inyectados en el equipo se utilizó una columna Hayesep Q 100/120 (6' longitud x 1/8" diámetro) operada a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (1.5 min.) con un incremento hasta $120 \text{ }^\circ\text{C}$ a una velocidad de $50 \text{ }^\circ\text{C/min}$. Se utilizó helio (25 mL/min) como gas acarreador y los resultados se obtuvieron al calcular el área bajo la curva de los picos de interés comparados con los realizados en una curva de calibración con estándares de concentración conocida. La integración de las áreas de los picos se realizó mediante el paquete de cómputo Open Lab ChemStation Edition, acoplado al cromatógrafo (Báez *et al.*, 1997).

5.2 Análisis físicos

5.2.1 Firmeza

Esta evaluación es de tipo destructiva realizada por punción, la cual se reporta como esfuerzo necesario para romper la pulpa de los frutos de mango. Para obtenerla se utilizó un penetrómetro (modelo DFGS-100, Chatillon), con un punzón cilíndrico de 8 mm de diámetro. La penetración del punzón en la pulpa fue de 1.5 cm realizando mediciones en lados opuestos del fruto en el eje ecuatorial, para lo cual fue quitado previamente la cutícula en el área de medición, para evitar que las propiedades de la cutícula afecten la lectura de firmeza real de la pulpa. Los resultados se expresaron

en newton (9.8 N = 1 kg fuerza), de acuerdo a la metodología propuesta por Borne (1980), la cual se realizó en cinco frutos en cada fecha de evaluación.

5.2.2 Pérdida de peso

Se seleccionaron cinco frutos por tratamiento, se pesaron al día inicial del experimento de manera individual, durante el almacenamiento en frío no se pesaron, sino hasta el período de simulación de mercadeo (20 °C y 80% HR), mediante una balanza digital (BP-4100, Mettler). La variable se obtuvo con base en el porcentaje de pérdida de masa (Muy *et al.*, 2000)

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso de cada evaluación})}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

5.2.3 Color externo e interno

La medición del color externo se llevó a cabo en los mismos frutos durante el período de almacenamiento. Mientras que la determinación del color interno se realizó en los mismos frutos para la evaluación de firmeza, los cuales fueron cortados longitudinalmente desde los hombros hasta la punta, haciéndose la medición en dos sitios diferentes de la pulpa en cada fecha de evaluación. El color interno (pulpa) y externo (cáscara) fue determinado mediante un espectrofotómetro (CM-700, Konica Minolta), mediante el sistema espacio de color CIE L* a* b*, el cual expresa el color de un objeto, el cual registra los componentes de luminosidad (L), ángulo de matiz (°Hue) y cromaticidad (croma) con el programa OnColor QC versión 5 (Minolta, 1994; Little, 1995).

5.3 Análisis químicos

5.3.1 Acidez titulable y potencial de hidrógeno (pH)

Estas determinaciones se hicieron de acuerdo con la metodología propuesta por la AOAC (1998). Para ello, 10 gramos de mango se homogeneizaron con agua destilada con pH neutro para obtener un extracto. La mezcla de pulpa y agua se homogenizó mediante una licuadora y se filtró a través de tela de organza. Del filtrado obtenido se tomaron 50 mL y se tomaron alícuotas para los análisis correspondientes. Para obtener la acidez titulable se utilizó un titulador automático (T-50, Mettler Toledo) con una solución de NaOH 0.1N. El pH fue proporcionado directamente por el equipo, después un tiempo de estabilización e inmediatamente después se adicionaba el hidróxido hasta alcanzar un pH de 8.2, el cual coincide con la neutralización de ácido-base. Wills (1998) menciona que a este pH todos los ácidos orgánicos presentes en la muestras quedan neutralizados. Los datos obtenidos se reportan como porcentaje de ácido cítrico presente en la muestra.

5.3.2 Sólidos solubles totales y RBA

Para la determinación de sólidos solubles totales también se utilizó el método de la AOAC (1998). Se tomó una muestra del extracto utilizado para acidez y pH, la cual se colocó en un refractómetro (RE40D, Mettler Toledo) con compensador de temperatura, el cual fue previamente calibrado con agua destilada antes de su uso. Los resultados obtenidos se multiplicaron por el factor de dilución (agua y pulpa) y se expresaron en °Brix. La relación °Brix/acidez es un parámetro resultante de dividir los valores °Brix entre la acidez titulable de la muestra y se reporta como RBA, muy importante por ser considerado un índice de cosecha.

5.4 Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se utilizaron los siguientes descriptores sensoriales: acidez, dulzor, firmeza y aceptabilidad general del fruto. Se llevó a cabo una prueba de

aceptación con 33 consumidores para cada uno de ellos, en la cual se evaluaron cuatro muestras codificadas, cada una de ellas correspondía a un mango con tratamiento diferente, una prueba de evaluación, un vaso con agua y un caramelo para limpiar el paladar. Este análisis se llevó a cabo al día 5 de almacenamiento a 20 °C, después de 21 días a 10 °C.

5.4.1 Método de prueba

Treinta y tres panelistas (consumidores) no entrenados participaron para realizar el análisis sensorial de los frutos de mango a los 5 días de simulación mercadeo (20 °C), después de haber estado almacenados en las bolsas plásticas PolyPack® y LifeSpan® por 21 días a 10 °C.

Se le entregaron a los consumidores muestras en rodajas transversales de 2.54 cm de grosor de mango en estado de madurez 5, las cuales fueron obtenidas de la parte media del fruto y colocadas en un plato con tenedor desechable. Las muestras fueron separadas e identificadas con un código diferente, adicionalmente a cada evaluador se le daba un vaso de agua para que tomara entre muestra y muestra. Los descriptores sensoriales: dulzor, acidez y aroma se evaluaron mediante una escala hedónica de cinco puntos, donde 1 = no me gusta; 2 = me desagrada poco; 3 = me es indiferente; 4 = me gusta poco y 5 = me gusta. Los consumidores respondieron una encuesta en donde evaluaron estos descriptores de acuerdo con su gusto. Mientras que para la aceptabilidad general del fruto, los consumidores contestaron otra encuesta con la misma escala hedónica, pero esta vez, calificaron solamente cada una de las cuatro muestras con relación a la aceptación de manera general, mediante un formato de análisis sensorial de mango (Anexo 1).

5.5 Diseño experimental y análisis estadístico

La metodología para medir las variables de respuesta implicó el uso de pruebas destructivas y pruebas no destructivas, así como sensoriales, por lo tanto se

implementaron tres diseños experimentales, donde a cada grupo le corresponde un modelo matemático diferente, donde un mango fue la unidad experimental.

5.5.1 Pruebas destructivas

Las variables de respuesta que implican la destrucción del fruto fueron: firmeza, color interno, pH, acidez titulable, sólidos solubles totales (°Brix) y RBA. Se utilizó un diseño de tres factores, completamente al azar, con cinco réplicas, donde el factor A: cera, factor B: bolsa y factor C: días entre cada medición.

5.5.2 Pruebas no destructivas

Estas variables se midieron en el mismo fruto a través del tiempo, las cuales fueron: color externo o de cáscara, pérdida de peso, producción de CO₂ y de etileno. Se utilizó un diseño de medidas repetidas, con cinco réplicas, de tres factores, factor A: cera, factor B: bolsa y factor C: tiempo, donde C es factor nido.

5.5.3 Análisis de pruebas sensoriales

Los datos obtenidos de pruebas sensoriales fueron analizados con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y la comparación de medianas de Mood.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el paquete estadístico MINITAB versión 17 y cuando se observó diferencia significativa en el análisis de varianza se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias con un nivel de significancia del 5%.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Monitoreo de la atmósfera

6.1.1 Producción de CO₂

Durante todo el experimento, la atmósfera con la bolsa perforada (Polypack®) mostró los menores valores de CO₂ (0.5 a 3.2%) y dentro de la bolsa LifeSpan® los valores más altos (1.7 a 6.5%). La combinación PolyPack®+Charol Mango promovió los valores más altos, entre los tratamientos con bolsa perforada, con un máximo de 3% de CO₂ el día 13, mientras que con PolyPack®+Natural Shine® se tuvieron los valores más bajos de todo el experimento. Con el tratamiento de LifeSpan®+Charol Mango se alcanzaron valores superiores al 6% de CO₂ al día 9 (Figura 3).

Todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes (Anexo 2). En la gráfica de efectos principales (Anexo 3) manteniendo dichos valores hasta que terminó su almacenamiento.

Van y Cam (2016) encontraron que los frutos de mangostán, almacenados por 25 días a 13 °C con LifeSpan®, iniciaron con valores de 2 hasta 8% de CO₂ ligeramente superiores a los que se obtuvieron en el presente experimento.

Srinivasa *et al.* (2002) crearon una atmósfera en frutos de mango Alphonso muy parecida al presente trabajo iniciando con valores de 26.60 de CO₂ con 3.87 de O₂ finalizando con 21.50 de CO₂ y 5.21 O₂.

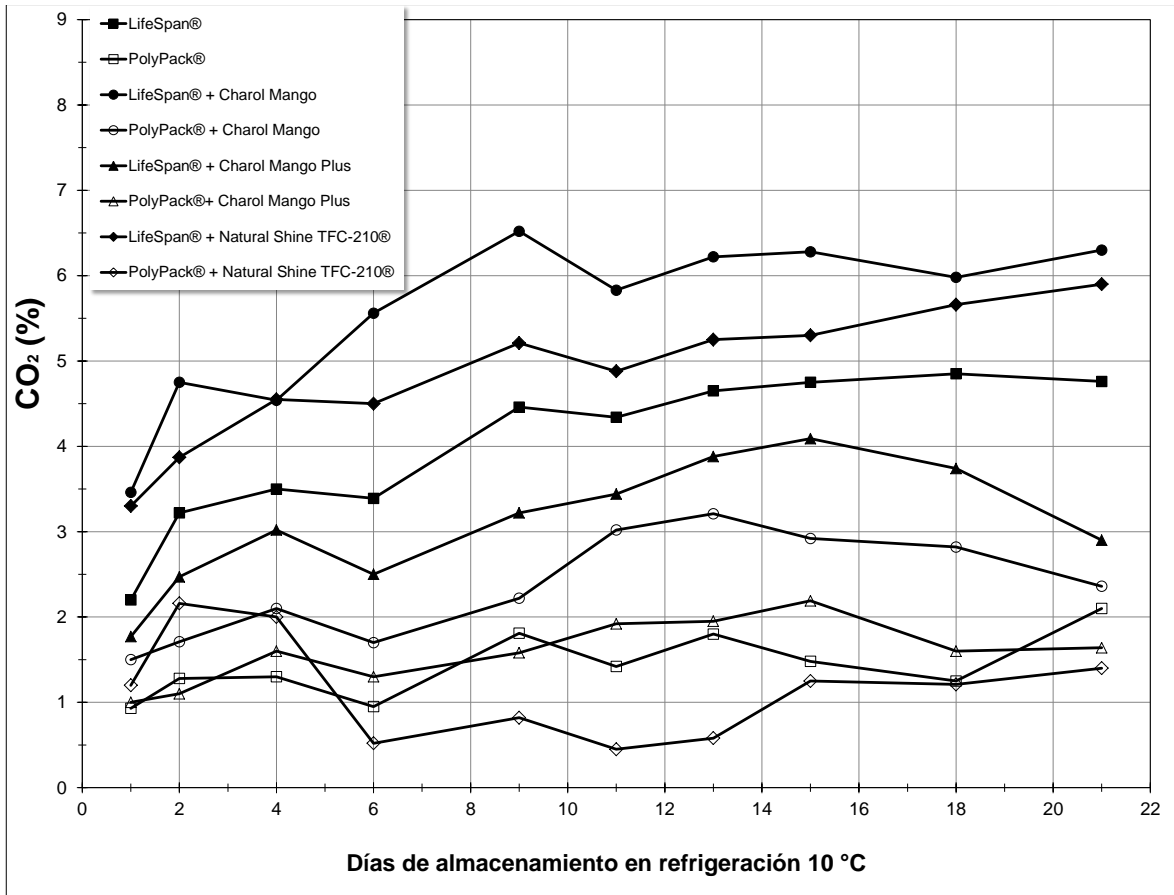


Figura 3. Monitoreo de la atmósfera (CO_2) durante los días de simulación de transporte (refrigeración $10\text{ }^\circ\text{C}$).

6.1.2 Producción de O_2

Con todos los tratamientos se obtuvieron entre 18 y 20% de O_2 y, como era de esperarse, los tratamientos con bolsa perforada (Polypack®) mostraron valores más altos (cerca de 20% de O_2) en comparación con los tratamientos de LifeSpan® con valores alrededor de 18% de O_2 (Figura 4), los cuales fueron estadísticamente diferentes (Anexo 4).

Niveles bajos de O₂ reducen los rangos de respiración, maduración y senescencia, pero suficientemente seguro para evitar lesiones por niveles bajos de O₂ (Jayas y Jeyemkondan, 2002).

Candan (2008) utilizaron diferentes tipos de bolsas, entre ellas LifeSpan®, donde el efecto sobre la madurez fue variable, mostrando valores de 10.5 de O₂ y de 4.3 de CO₂ para cerezas cv. Lapins mientras que para cv. Satina fueron 16.52 de O₂ y 2.17 de CO₂.

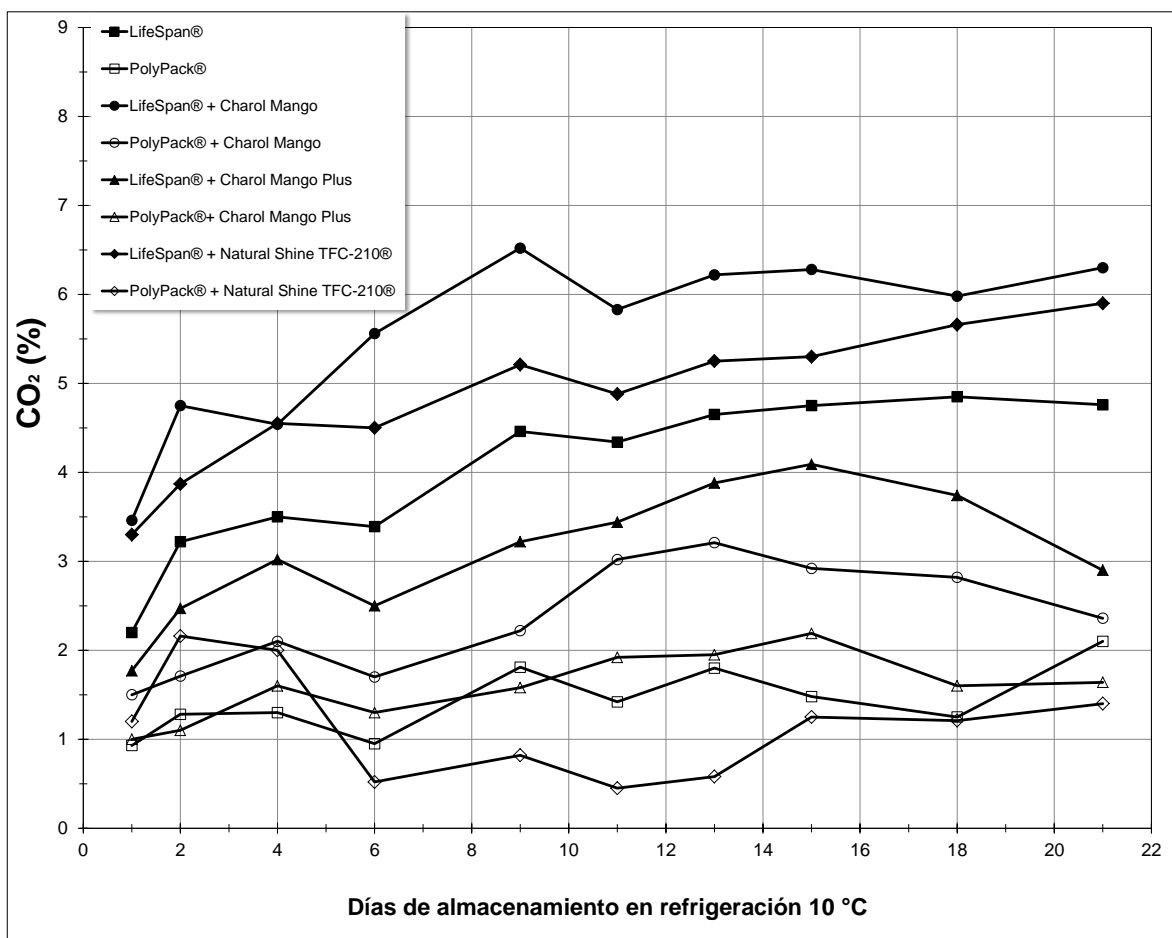


Figura 4. Monitoreo de la atmósfera (O₂) durante los días de simulación de transporte (refrigeración 10 °C)

6.2 Tasa de respiración (producción de CO₂)

Los frutos de mango que presentaron mayores valores de tasa de respiración fueron los tratados con la combinación PolyPack®+Charol Mango Plus, con un valor de 112.18 mL kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂, el cual disminuyó hasta 46.22 al día 6 en mercadeo. Los frutos testigo presentaron la tasa de respiración más baja con 29.64 mL kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂, la cual aumentó al día 6 a 52.26 mL kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂. Mientras que, los frutos tratados con la cera Natural Shine TFC-210® presentaron valores muy parecidos desde el inicio (39.36) hasta el final (44.16) (Cuadro 5).

En este experimento no hubo aumento marcado en la tasa de respiración, ya que los frutos presentaron su climaterio durante el almacenamiento refrigerado. Por ello no se alcanzó a ver ese pico en la producción de CO₂ característico de los frutos climatéricos que van de 35 a 80 mL kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂ (Kader, 1997).

Cuadro 5. Tasa de respiración (mL kg⁻¹ h⁻¹) de CO₂ en frutos de mango 'Kent' almacenados por 21 días a 10 °C y analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días.

Tratamientos	CO ₂ (mL kg ⁻¹ h ⁻¹)			
	Días a 20 °C después de 21 días a 10 °C			
	1	2	4	6
Testigo	29.64	52.85	49.99	52.26
Charol Mango	39.86	40.91	48.03	51.64
Charol Mango Plus	96.43	73.81	53.76	58.46
Natural Shine TFC-210®	39.36	40.39	42.21	44.16
LifeSpan®	84.68	61.16	57.36	60.27
LifeSpan® + Charol Mango	47.15	50.91	56.92	59.69
LifeSpan® + Charol Mango Plus	59.50	48.94	43.18	46.15
LifeSpan® + Natural Shine TFC-210®	93.16	48.63	48.02	49.11
Polypack®	94.97	53.99	55.12	58.64
Polypack® + Charol Mango	66.30	53.73	48.97	53.81
Polypack® + Charol Mango Plus	112.18	48.24	48.63	46.22
Polypack® + Natural Shine TFC-210®	79.44	38.02	40.16	37.90

6.3 Firmeza

El día de cosecha (antes de la aplicación de tratamientos) la firmeza inicial de los mangos estuvo alrededor de 170 N, lo cual corresponde a frutos menos firmes del mínimo (202 N o 20.61 kgf cm⁻²) según lo establecido por el pliego de condiciones para uso de la marca de México Calidad Suprema, (2005) y mayor a lo recomendado por EMEX (1995) para frutos de mango 'Kent' al corte (12.4 kgf cm⁻² = 121 N).

La firmeza inicial de los frutos en mercadeo, con y sin cera, osciló alrededor de 80 N, pero para el día 4 perdieron 45% (testigo), 50% (Charol Mango) 43% (Charol Mango Plus) y 48% (Natural Shine TFC-210®) de su firmeza inicial (Figura 5A). Este último mostró valores de firmeza de 20 N al día 4, mientras que los otros tres tratamientos oscilaban en los 30 N. El análisis de varianza indicó diferencia estadística por causa de los tratamientos y días transcurridos a 20 °C (P=0.000) (Anexo 7).

Al salir de refrigeración, la firmeza de los frutos testigo y de aquellos tratados con LifeSpan®+Charol Mango Plus o LifeSpan®+Natural Shine TFC-210® estuvo alrededor de 75 N, mientras que los tratados solo con bolsa LifeSpan® y LifeSpan®+Charol Mango presentaron 50 N. Sin embargo, al día 4 en mercadeo, todos los frutos tratados con la bolsa LifeSpan® tenían valores menores de 20 N, el cual corresponde al mínimo requerido para su comercialización, y para el día 6 tenían valores menores a 10 N (Figura 5B).

En el grupo de las combinaciones de la bolsa perforada (PolyPack®) perdieron firmeza en mayor medida que los frutos testigo con promedios cercanos a 75 N equivalente a un 45% de su firmeza inicial, mientras que los frutos solo bolsa PolyPack® comparada con 60 N perdiendo un 35% de su firmeza inicial con promedios superiores a 25 N al día 4, siendo los PolyPack®+Charol Mango los que presentaron mejor retención en la firmeza (30 N) (Figura 5C).

El análisis de efectos principales (Anexo 8) mostró que la mayor firmeza fue conservada con Charol Mango, y que los valores más bajos correspondieron a los frutos con LifeSpan® y sus combinaciones; lo cual contrasta con Candan (2008), quienes encontraron una menor reducción de pérdida de firmeza en cerezas comparadas con las no tratadas. El comportamiento fue igual en frutos testigo y con recubrimientos, lo cual indica que no hay efecto entre aplicar o no aplicar alguno de los recubrimientos evaluados.

Abu *et al.* (2020) encontraron valores de firmeza de 177.98 N para mango 'Kent' en condiciones de mercadeo, después de los 21 días de almacenamiento a 10 °C, como en la presente investigación. Mientras que Araiza *et al.* (2005) en una evaluación de calidad de diferentes variedades de mango encontraron para mango 'Kent' 188.1N al corte.

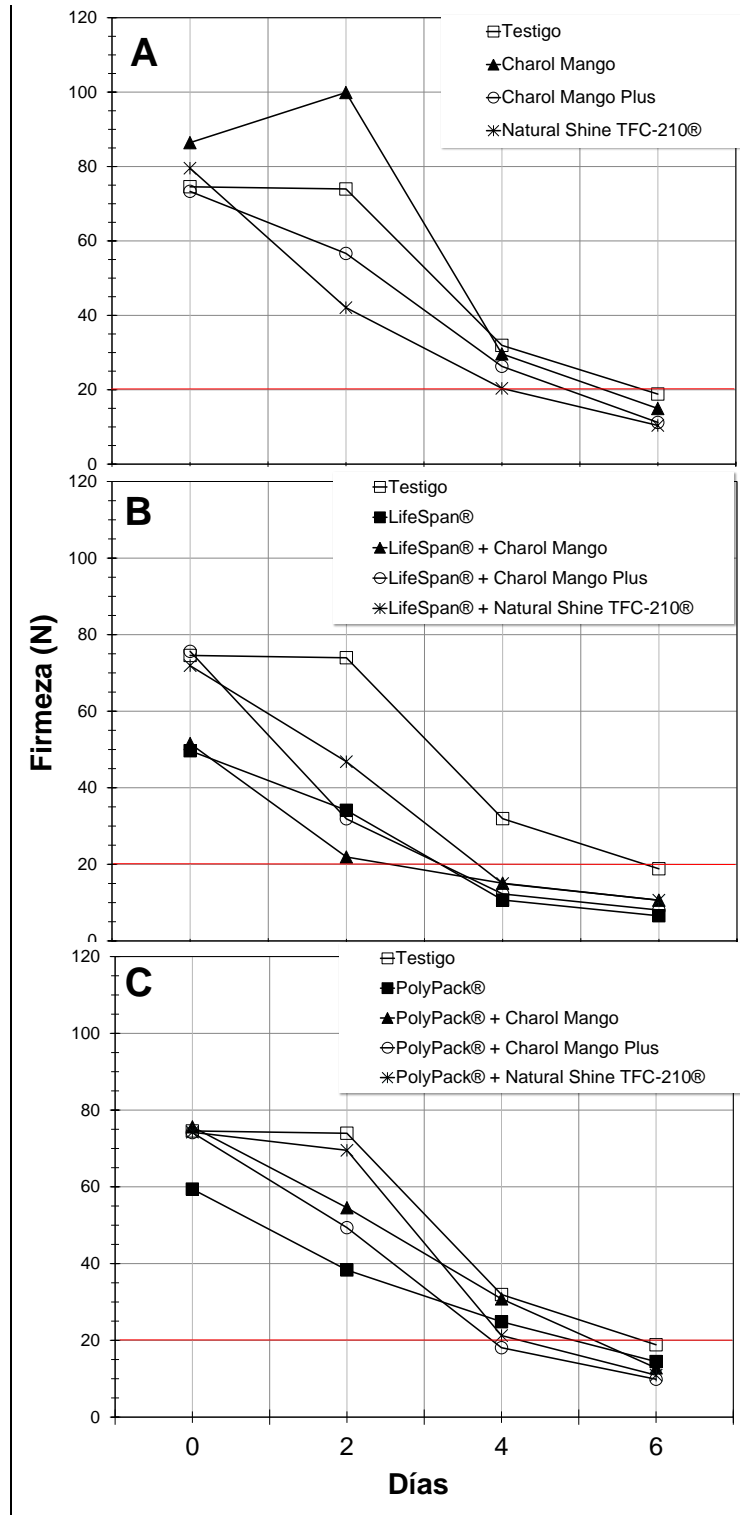


Figura 5. Firmeza (N) en frutos de mango 'Kent', analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.

6.4 Pérdida de peso (%)

El peso de los frutos de mango 'Kent' osciló entre 650 y 700 g, el cual corresponde al calibre 7, de acuerdo con la norma mexicana para mango fresco (EMEX, 1995). Los frutos testigo perdieron la mayor cantidad de peso, con valores de hasta 5.8%, esto pudo deberse a que presentaban algunos daños por hongos acelerando la pérdida debido a este factor. Los frutos tratados con Charol Mango y Charol Mango Plus perdieron entre 4 y 5% de peso con el mismo patrón de pérdida. Mientras que, los del tratamiento Natural Shine TFC-210® mostraron menor pérdida de peso, con 2.5% (Figura 8A).

Con la bolsa LifeSpan®, los frutos mostraron menor pérdida de peso en comparación con el testigo. Los frutos tratados con LifeSpan®+Charol Mango presentaron el mismo comportamiento que con LifeSpan®+Charol Mango Plus. Pero fue la combinación LifeSpan®+Natural Shine TFC-210®, la que promovió menor pérdida de peso (2.5%) de este grupo (Figura 8B).

En el caso de la bolsa PolyPack®, la combinación con Natural Shine TFC-210® promovió la menor pérdida de peso, con valores de 1.6 y 2%, a los días 4 y 6, respectivamente. Le siguieron PolyPack®+Charol Mango, PolyPack® y PolyPack®+Charol Mango Plus, con promedios de 2.6 y 3.5%; todos significativamente menores al testigo (Figura 8C).

La pérdida de peso por los frutos mostró diferencia significativa ($P=0.000$) (Anexo 9) entre los tratamientos, y también entre las fechas de evaluación en el almacenamiento. Desde el inicio del experimento, los frutos tratados con la cera Natural Shine TFC-210® perdieron menos peso, tanto sola como en combinación con ambas bolsas; incluso mostrando promedios ligeramente menores a 2% al día 6 de almacenamiento, cuando estaba en combinación con la bolsa PolyPack® (Anexo 10). Para el análisis de efectos principales, todos los tratamientos fueron diferentes en cada día de evaluación, donde todas las combinaciones con Natural Shine TFC-210® tuvieron los menores valores.

Pantástico (1979) indicó que cuando se presenta 5.8% de pérdida de peso se pierde la calidad de los frutos, lo cual sucedió con los frutos testigo. Mientras que, otros que se acercaron a esa condición, fueron los frutos tratados con Charol Mango, los cuales alcanzaron una pérdida de peso ligeramente menor de 5% al día 6 de almacenamiento a 20 °C, después de 21 días a 10 °C (Figura 6).

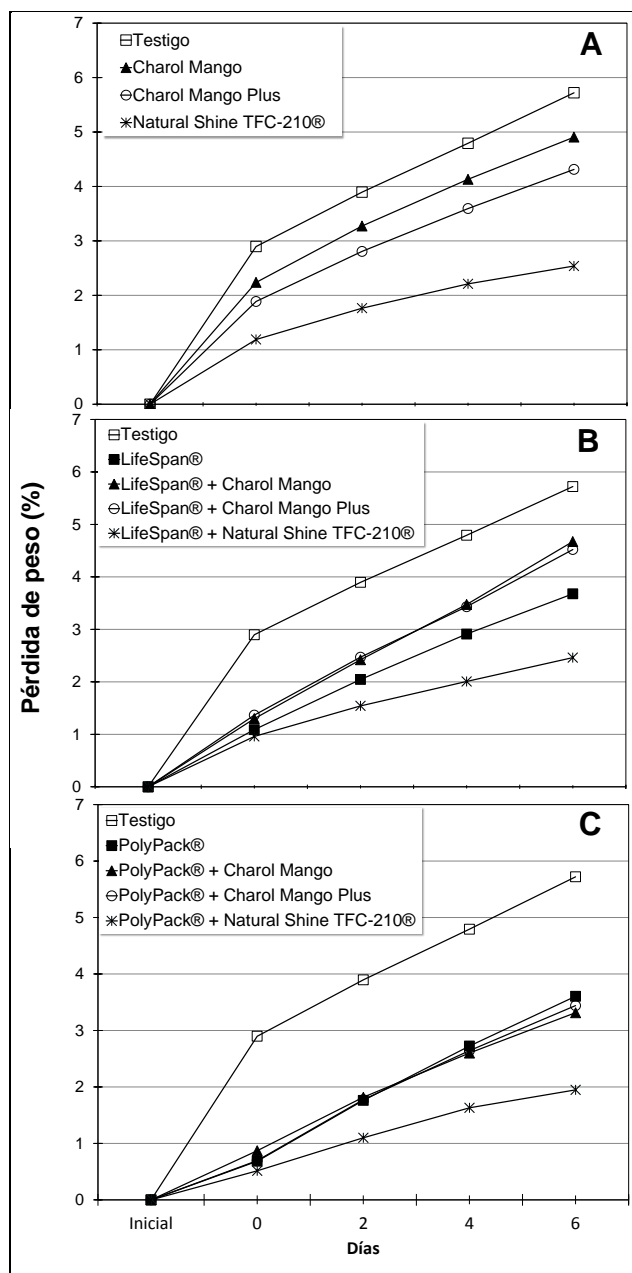


Figura 6. Pérdida de peso (%) en frutos de mango “Kent”, analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.

6.5 Color de cáscara

6.5.1 Luminosidad externa (cáscara)

Al inicio del mercadeo, la luminosidad de los frutos mostró promedios en torno a 45, al final alcanzaron valores entre 50 y 60. Lo cual corresponde al cambio de color que manifiestan los frutos de mango 'Kent', de verde a verde-naranja. El color verde corresponde a un menor valor de luminosidad, mientras que valores más altos al color naranja (Figura 2). La luminosidad mostró diferencia estadística por efecto de los tratamientos y los días transcurridos ($P=0.000$) (Anexo 11). Los frutos testigo mostraron los valores más altos, sobre todo hacia los días 4 y 6, en los que alcanzaron valores de 55 y 58, respectivamente (Figura 7).

Los mangos con recubrimiento Charol Mango Plus tuvieron el menor desarrollo de color, aunque al final del experimento fueron igualados en $L=51$ por los frutos tratados con Natural Shine TFC-210® (Figura 7A). Similar comportamiento presentó la luminosidad de los frutos con bolsa LifeSpan® en combinación con Charol Mango y Charol Mango Plus con relación a la luminosidad final de los mangos con bolsa LifeSpan®+Natural Shine TFC-210® (Figura 7B).

La luminosidad del mango con bolsa PolyPack® con Charol Mango y Charol Mango Plus tuvieron el mismo patrón de $L=43$ hasta $L=51$ (Figura 7C). El análisis para los efectos principales muestra que los menores promedios de luminosidad fueron obtenidos con Charol Mango Plus, mientras que los mayores promedios los presentaron los frutos con bolsa LifeSpan®, después del testigo (Anexo 12).

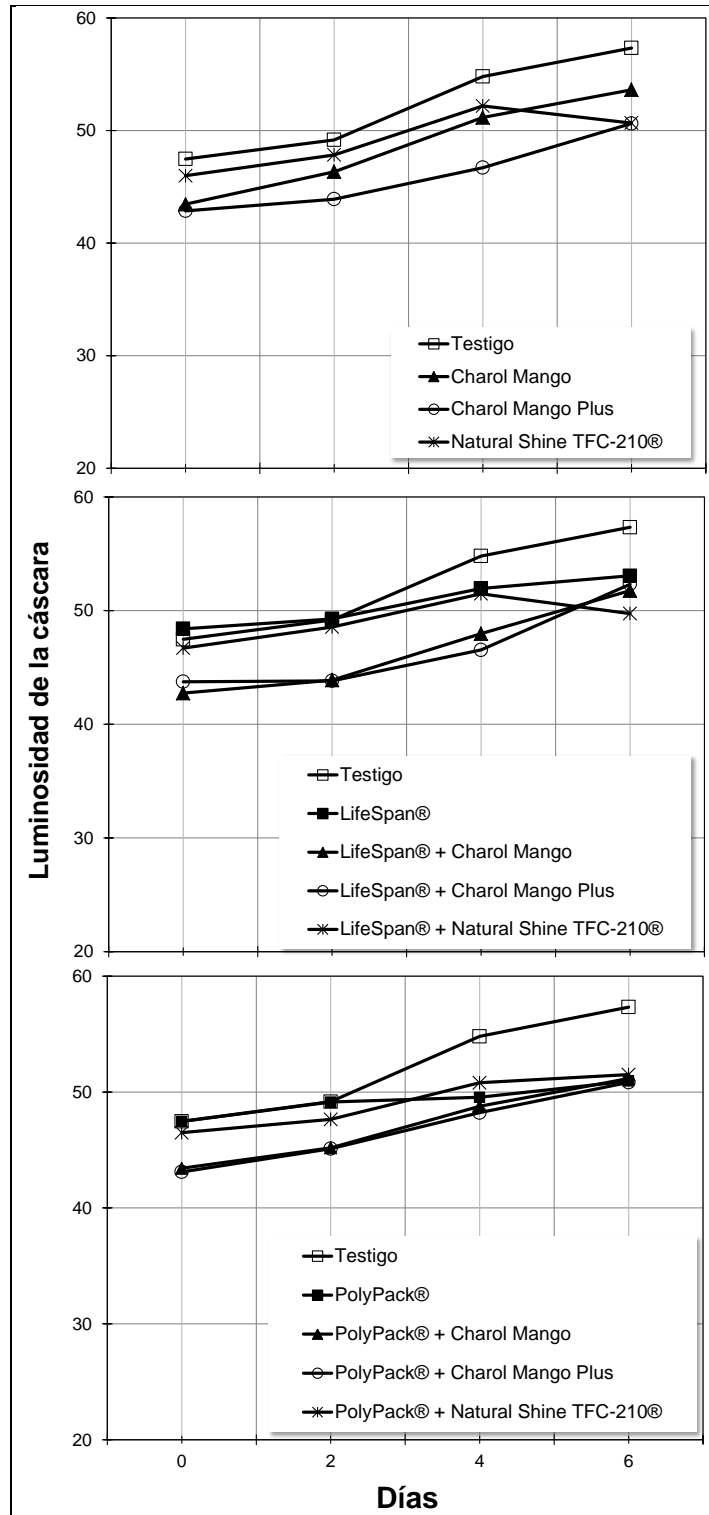


Figura 7. Luminosidad externa en frutos de mango “Kent”, analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.

6.5.2 Cromaticidad externa (cáscara)

La cromaticidad significa la intensidad o pureza del color, la cual tendió a aumentar durante el almacenamiento poscosecha. Este aumento normalmente se asocia con un avance en la maduración de los frutos, lo que se traduce de un color claro a un color más intenso.

La cromaticidad de la cáscara en los frutos de mango 'Kent' mostró diferencia significativa ($P=0.000$), tanto ocasionada por los tratamientos como por los días de almacenamiento a 20 °C, tal como lo muestra en el análisis de varianza (Anexo 13). Los frutos testigo con valores de $C=17.70$ el día 0 y $C=31.23$ para el día 6, seguidos de los frutos con la cera Natural Shine TFC-210, y aquellos tratados con las ceras Charol Mango y Charol Mango Plus, los cuales terminaron con $C=39$ (Figura 8A).

Los frutos con LifeSpan® mostraron valores menores a los del testigo, tal como se muestra en la gráfica de efectos principales (Anexo 14) para el día 6 en mercadeo con $C=26.98$. Es decir, fueron los frutos que presentaron menor intensidad de color, mientras que aquellos tratados con Natural Shine TFC-210, Charol Mango y Charol Mango Plus en combinación con la bolsa LifeSpan® terminaron con valores cercanos o iguales a $C=40$ (Figura 10B).

Los frutos con la bolsa perforada PolyPack® y los frutos testigo mostraron el mismo patrón de incremento de cromaticidad. Mientras que los tratamientos de Charol Mango y Charol Mango Plus, en combinación con la bolsa PolyPack®, mostraron un desarrollo de aumento de cromaticidad parecido y terminaron con valores $C=37.79$ y $C=38.91$, respectivamente (Figura 10C).

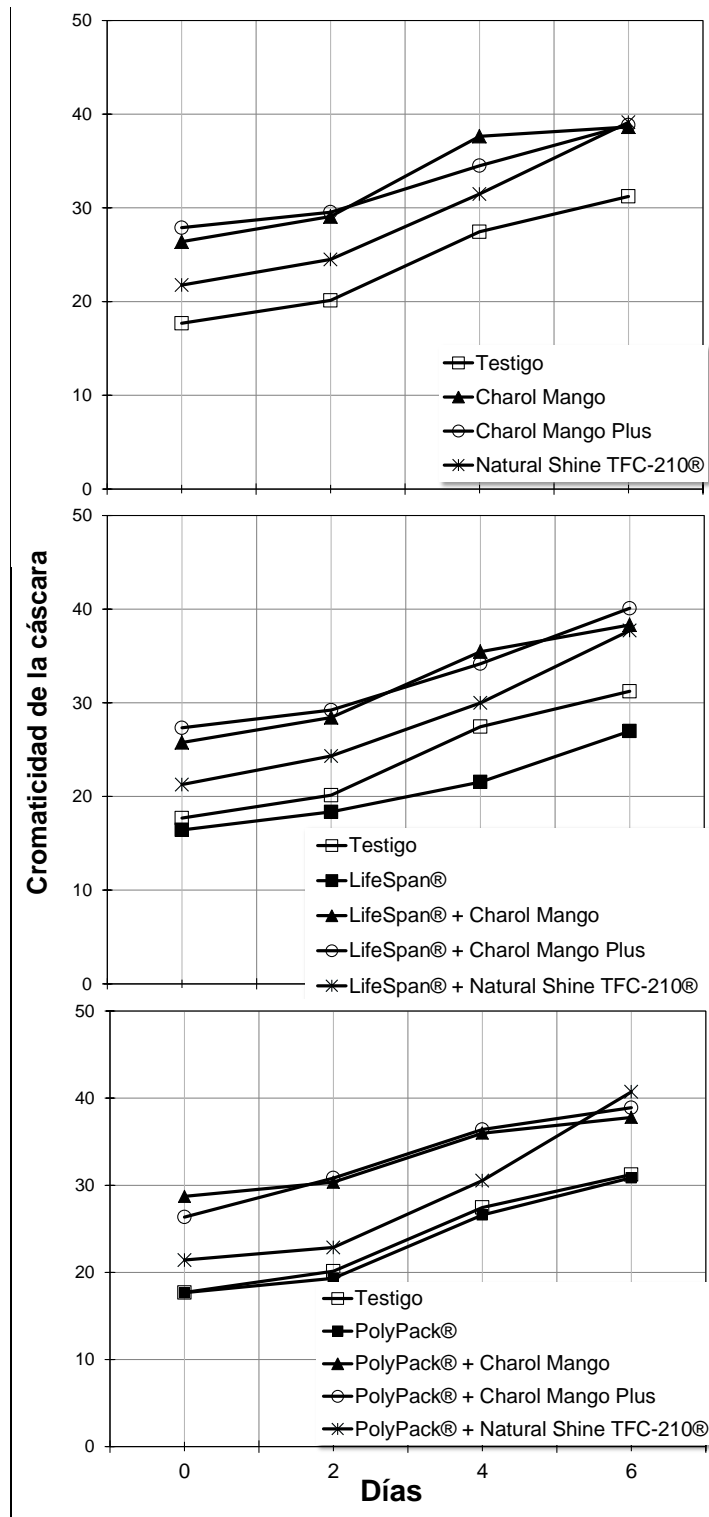


Figura 8. Cromaticidad externa en frutos de mango 'Kent', analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.

6.5.3 Ángulo de matiz externo (cáscara)

El valor de ángulo de matiz de la cáscara de mango 'Kent' testigo fue de °Hue=110, mismos que se ubican en el color verde, y al día 6 en mercadeo presentaron promedios de °Hue=83.11 correspondientes a colores amarillo-naranja (Figura 9A).

El ángulo de matiz (°Hue) de la cáscara mostró ser diferente significativamente ($P=0.000$), tanto a causa de los tratamientos como de los días de almacenamiento a 20 °C, como lo muestra el análisis de varianza (Anexo 15). Los frutos con bolsa LifeSpan® y aquellos con la combinación con cera Charol Mango presentaron patrones parecidos (Figura 9B), lo mismo que LifeSpan® en combinación con Charol Mango Plus o Natural Shine TFC-210, como se muestra en la gráfica de efectos principales (Anexo 16).

Los frutos tratados con bolsa PolyPack®, sola o en combinación con cera manifestaron un patrón de disminución de ángulo de matiz parecido. Lo cual es bueno debido a que los frutos, a pesar de estar tanto tiempo almacenados, tuvieron un desarrollo adecuado de maduración que terminó con promedios por debajo de °Hue=90, que indican valores amarillo-naranja (Figura 9C).

Hernández *et al.* (2020) aplicaron polisacáridos en mango 'Ataulfo' en combinación con refrigeración a bajas temperaturas y encontraron valores, al días 5 de almacenamiento, de L=64, °Hue=89.14 y cromaticidad de 46.05.

Bender *et al.* (1994) tuvieron los mismos valores para ángulo de matiz (°Hue) en mangos 'Kent' almacenados por 21 días a 10 °C y evaluados por 5 días a 20 °C. Los tratamientos Charol Mango, Charol Mango Plus y Natural Shine TFC-210® iniciaron alrededor de °Hue=105, los cuales mostraron el mismo patrón de disminución hasta valores menores de °Hue=90, ubicándolos dentro de colores amarillos.

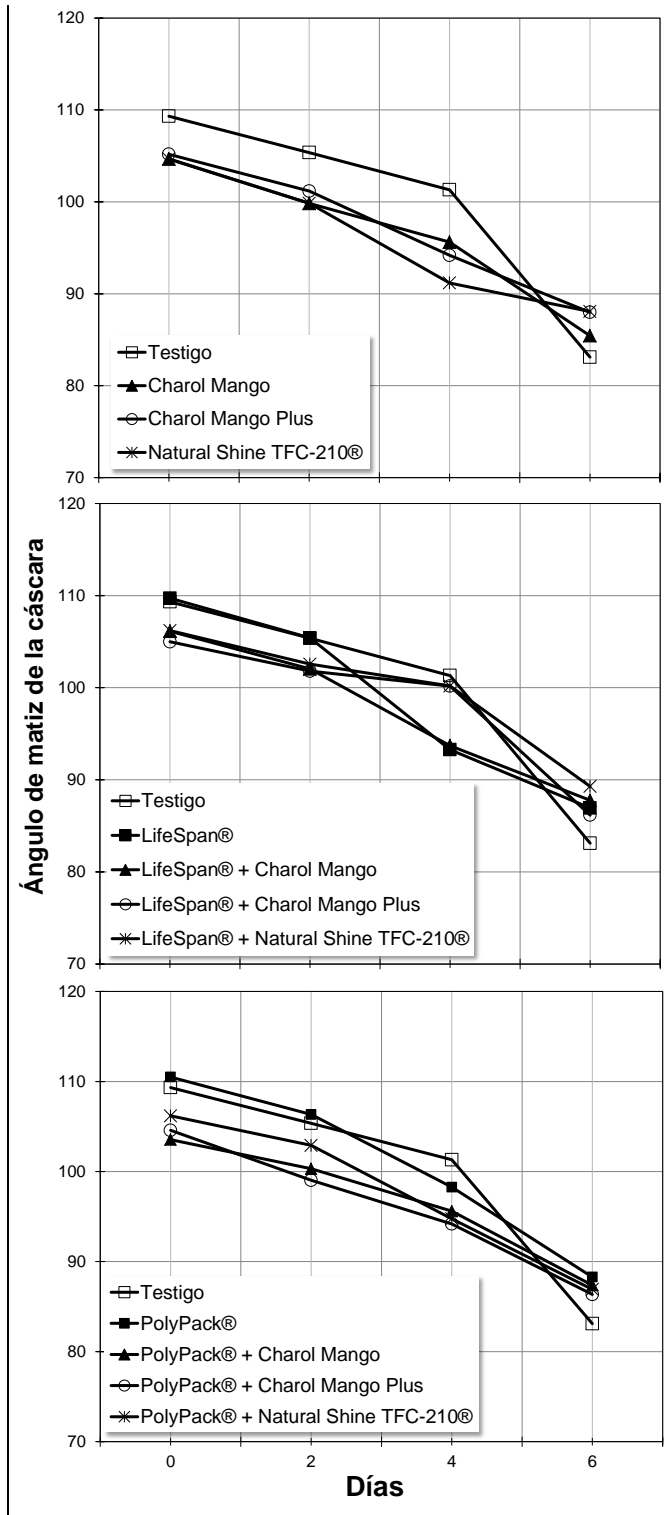


Figura 9. Ángulo de matiz (°Hue) externo en frutos de mango 'Kent', analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.

6.6 Color de la pulpa

6.6.1 Luminosidad interna (pulpa)

Los valores de luminosidad estuvieron alrededor de 60 a 65, los cuales corresponden a un color amarillo claro (Figura 12). En el caso de los tratamientos de solo cera tuvieron un ligero aumento con valores de L=55 para Charol Mango. Charol Mango Plus y Natural Shine TFC-210® iniciaron L=60 terminando a los 6 días de mercadeo con L=62 como lo muestra la figura 12A.

Para la bolsa LifeSpan® en combinación las ceras Mango Charol y Mango Charol Plus empezaron con valores de L=56.5, terminando L=58 y L=61, respectivamente, como se indica en la figura 12B.

Los frutos del tratamiento PolyPack® mostraron el mismo comportamiento que los frutos Testigo ya que con promedios de L=59, terminando muy parecidos con valores de L=60, mientras que los que estaban en combinación con las ceras empezaron con promedios de L=63 mostrando una pequeña disminución de L=61 (Figura 12C).

La luminosidad de la pulpa mostró ser diferente significativamente ($P=0.000$) para los tratamientos y los días de almacenamiento a 20 °C, tal como lo muestra el análisis de varianza (Anexo 17). Para los efectos principales los valores más altos de luminosidad fueron para Natural Shine® TFC-210® en todas las combinaciones con cera (Anexo 18).

Ebrahimi y Rastegar (2020) con aplicaciones de ceras enriquecidas con extractos antifúngicos y evaluados en temperatura ambiente en mango encontraron al día 0 valores de luminosidad de la pulpa superiores a 70.

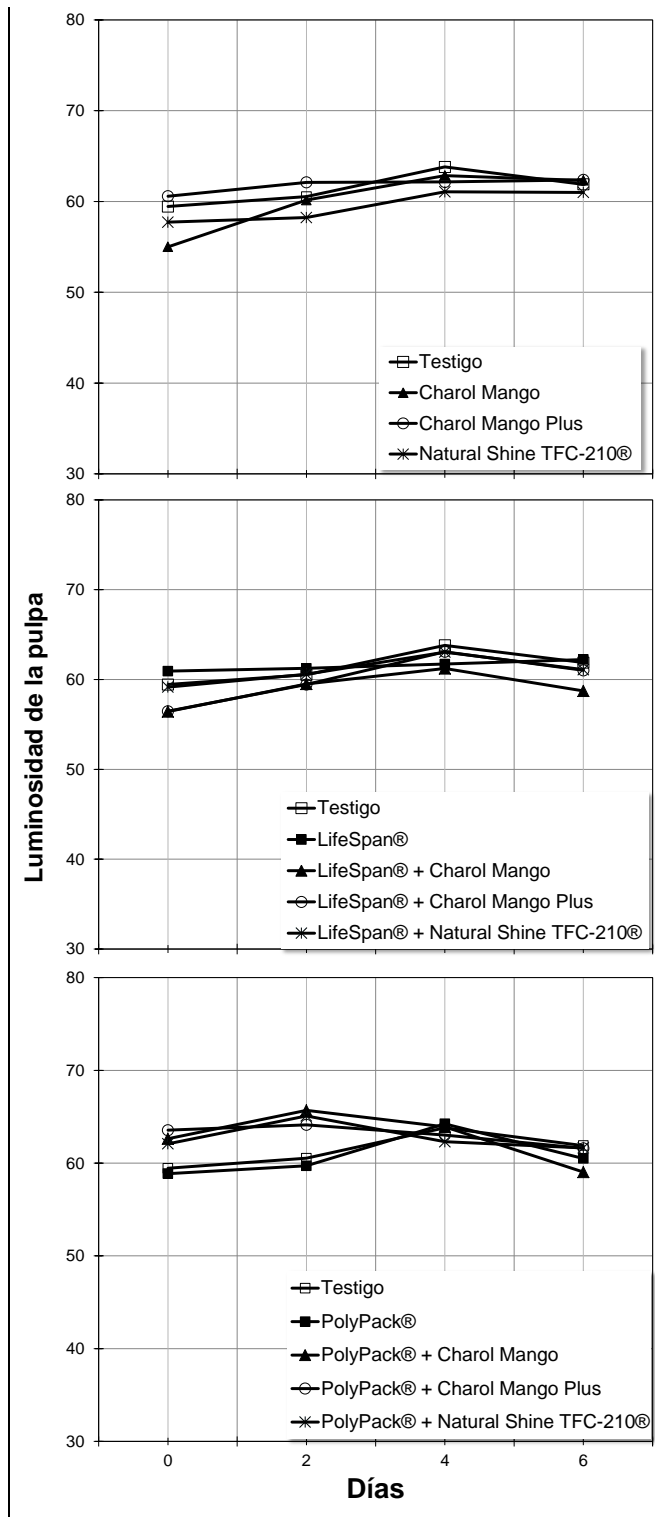


Figura 10. Luminosidad interna en frutos de mango 'Kent', analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.

6.6.2 Cromaticidad interna (pulpa)

La cromaticidad representa el grado de saturación de un color específico y se obtiene con la ecuación de raíz cuadrada de a^2+b^2 . Valores bajos implican colores grisáceos (con menor pureza del color), mientras que valores más altos representan mayor saturación del color, lo que significa colores más puros o intensos (Little, 1975).

Los valores de cromaticidad aumentaron conforme avanzaba la maduración en los frutos de mango 'Kent', la saturación del color durante la simulación de mercadeo oscilaba ente C= 50-60, mostrando que los frutos testigo tuvieron valores ligeramente más altos indicando frutos con mayor intensidad de color (Figura 13).

Los mango Charol Mango subieron de C=52 hasta C=60 que significa valores más intensos, más puros (Figura 13A) aunque este comportamiento fue en todos los tratamientos esto infiere un desarrollo de color para todos los tratamientos. El análisis de varianza muestra ser diferente significativamente ($P=0.001$) tanto para los tratamientos como para los días de almacenamiento a 20 °C ($P=0.000$) (Anexo 19). Los valores menores fueron los tratamientos Natural Shine TFC-210® así como los de la combinación PolyPack®+Natural Shine TFC-210®, como lo muestra la gráfica de efectos principales (Anexo 20).

Hernández *et al.* (2020) encontraron un desarrollo de cromaticidad apto para frutos variedad Ataulfo con un aumento de 39.56 hasta 46.05 al día 5 de almacenamiento en mercadeo después de 10 días a 10 °C.

Brecht *et al.* (2016), en mango cv. Kent con atmósferas para extender la vida útil, encontraron después de tres semanas de almacenamiento a 12 °C valores de C=58, siendo muy parecidos a los obtenidos en este experimento.

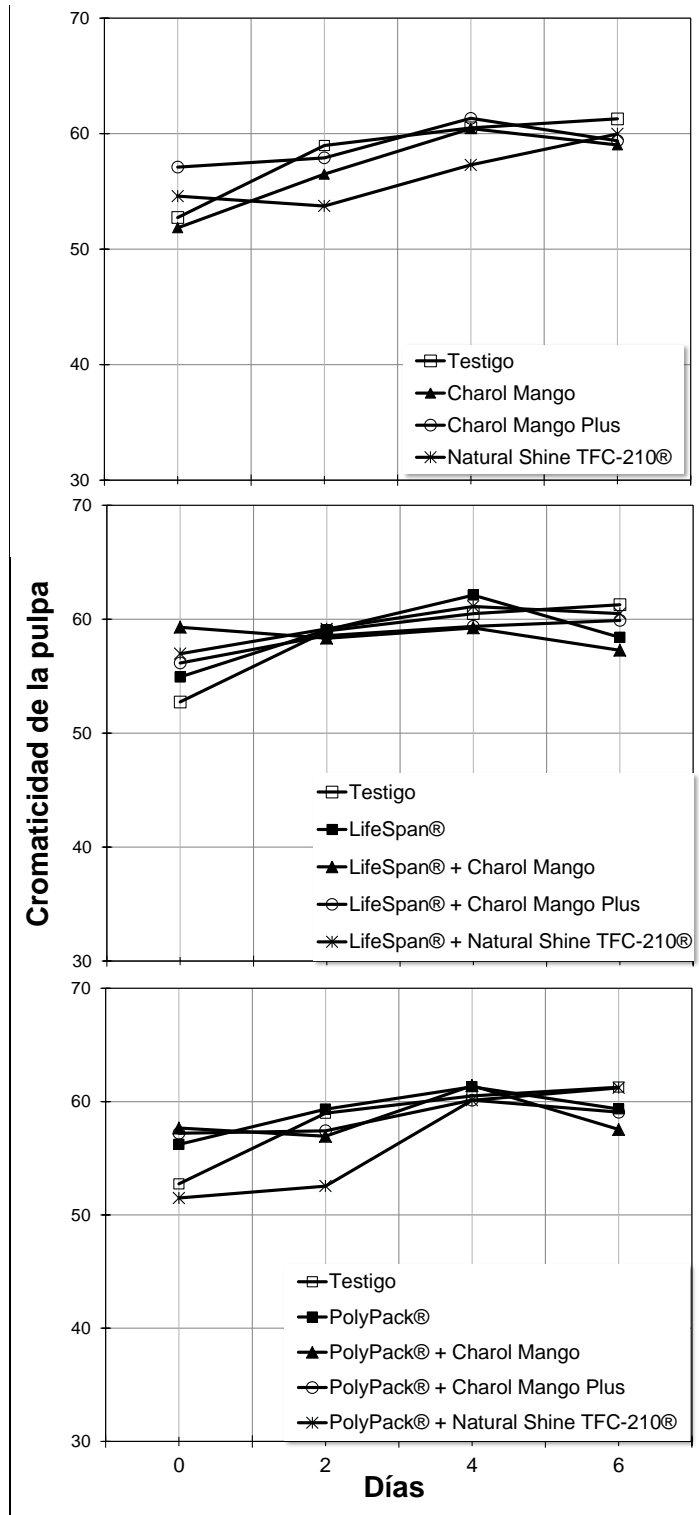


Figura 11. Cromaticidad interna en frutos de mango 'Kent', analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.

6.6.3 Ángulo de matiz interna (pulpa)

El ángulo de matiz ($^{\circ}\text{Hue}$) tiende a aumentar de amarillo-naranja ($^{\circ}\text{Hue}=60$) hasta promedios superiores de $^{\circ}\text{Hue}=80$ correspondientes a colores amarillo, debido al proceso de maduración (Figura 2). Los frutos de mango de los tratamientos Testigo, Charol Mango y Natural Shine TFC-210®, empezaron con valores de $^{\circ}\text{Hue}=65$, correspondiendo a valores amarillo-naranja donde los de los tratados con Charol Mango Plus tuvieron promedios poco superiores de $^{\circ}\text{Hue}=67.58$. Al final del experimento los frutos terminaron con $^{\circ}\text{Hue}=78$, siendo los Natural Shine TFC-210® los menores valores desde el inicio hasta el final ($^{\circ}\text{Hue}=74.61$) (Figura 14A), como se muestra en la gráfica de efectos especiales para tratamiento (Anexo 22).

Para las combinaciones de la bolsa LifeSpan® y la combinación con Charol Mango tuvieron los promedios menores ($^{\circ}\text{Hue}=60$) mostraron un aumento para finalizar con valores $^{\circ}\text{Hue}=76$, viéndose reflejado en todos los tratamientos con valores alrededor de $^{\circ}\text{Hue}=80$ (Figura 12B).

La bolsa perforada (PolyPack®) tuvo promedios muy parecidos al inicio del mercadeo ($^{\circ}\text{Hue}=67$) todos los tratamientos a los 6 días de mercadeo fueron menores de $^{\circ}\text{Hue}=80$ y los PolyPack®+Charol Mango Plus con $^{\circ}\text{Hue}=81.66$ (Figura 12C).

El análisis de varianza para los tratamientos en $^{\circ}\text{Hue}$ ($P=0.000$) para días de almacenamiento a 20°C (Anexo 21).

Brecht y Sargent (2016) para frutos de mango 'Kent' con atmósfera modificada, almacenados por tres semanas y 3 días bajo mercadeo, encontraron valores de $\text{HUE}=90$ mismo que indica frutos amarillos y más maduros que los del presente experimento.

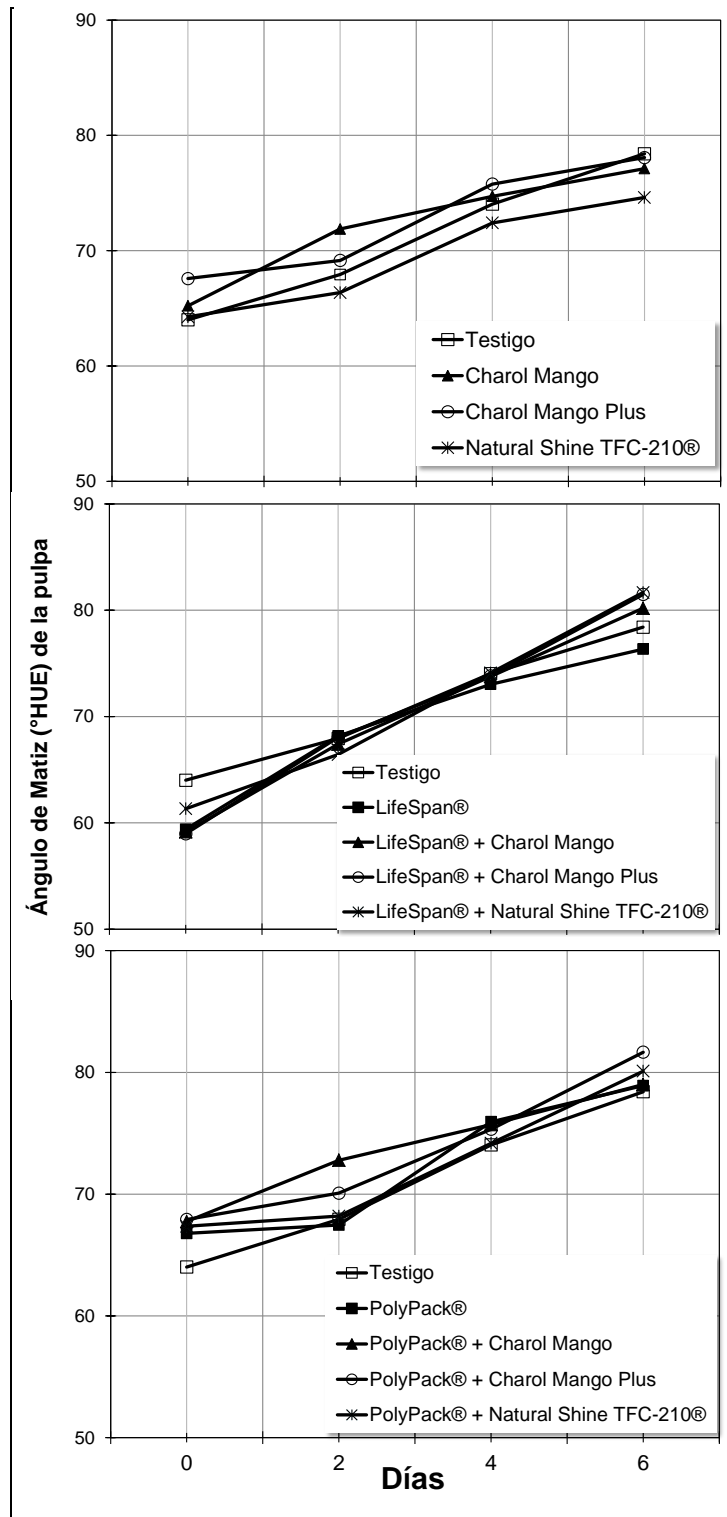


Figura 12. Ángulo de matiz (°Hue) interno en frutos de mango 'Kent', analizados en simulación de mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.

6.7 Cambios químicos

6.7.1 Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable

Los valores al corte fueron: 3.7 de pH y 0.92 de acidez titulable. El Cuadro 5 los promedios en mercadeo con pH=3.5 tienen un ligero aumento al día 6 de pH=4.2 a 4.3, mostrando una misma tendencia para todos los tratamientos. Las medias más altas fueron para el tratamiento LifeSpan®+Natural Shine TFC-210® tanto al inicio como al día 6 con valores de 3.8 y 4.3, respectivamente. Mientras que con respecto a la acidez (indicativo del porcentaje de ácido cítrico), con un comportamiento inicial de 0.66 con valores de 0.38 al día 6. Los frutos tratados con LifeSpan®+Charol Mango Plus mostraron la mayor acidez al día 0 a 20 °C, en general a pesar que hubo un gran parecido en el comportamiento entre las ceras y las bolsas, mostraron diferencia significativa ($P=0.000$) ($P=0.018$) según los análisis de varianza (Anexo 23 y 25) para pH y acidez titulable, respectivamente.

Con respecto a los efectos principales, los promedios más bajos los tuvo Natural Shine TFC-210 mientras que los más altos fueron LifeSpan® y Polypack®, según lo indican los Anexos 24 y 26.

En frutos de mango 'Tommy Atkins' con cera NaturalShine TFC®, se encontraron valores de pH poco superiores a 4 y acidez titulable 0.28, muy parecidos en pH pero en relación a la acidez son mucho menores que los obtenidos en el presente trabajo (Baldwin, *et al.*, 1999).

Van y Thi (2016) en frutos de mangostán aplicaron bolsa LifeSpan® en combinación con bajas temperaturas y obtuvieron valores de acidez=0.61 y °Brix de 17.26 al día 20 de almacenamiento a 13 °C.

Brecht y Sargent (2016) aplicaron bolsas y bajas temperaturas donde encontraron que en frutos de mango 'Kent' con valores de pH=4.4 superiores a los que obtenidos

para acidez titulable de 0.5, con promedios ligeramente menores al presente experimento.

Araiza *et al.* (2005) para mango 'Kent' tuvieron valores de acidez titulable de 1.2 al corte disminuyendo 0.3 al día 18 de almacenamiento a 20 °C.

Para mango 'Kent' con atmósferas modificadas tuvieron un promedio de 0.60 para acidez titulable, después de tres semanas a 10 °C.

Cuadro 6. Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable, analizados en frutos de mango 'Kent', en mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.

Tratamientos	pH				Acidez Titulable (% ácido cítrico)			
	Días a 20 °C después de 21 días a 10 °C							
	0	2	4	6	0	2	4	6
Testigo	3.65 ± 0.08	3.90 ± 0.04	3.83 ± 0.06	3.93 ± 0.19	0.921±0.12	0.749±0.12	0.670±0.11	0.552±0.09
Charol Mango	3.53 ± 0.13	3.72 ± 0.09	3.81 ± 0.11	4.03 ± 0.15	0.893±0.17	0.582±0.03	0.772±0.15	0.585±0.12
Charol Mango Plus	3.71 ± 0.08	3.61 ± 0.08	3.83 ± 0.18	4.05 ± 0.26	0.724±0.11	0.855±0.22	0.652±0.15	0.504±0.12
Natural Shine TFC-210®	3.65 ± 0.08	3.51 ± 0.02	3.74 ± 0.11	4.11 ± 0.27	0.787±0.12	0.777±0.09	0.724±0.13	0.476±0.08
LifeSpan®	3.67 ± 0.04	4.04 ± 0.11	3.99 ± 0.08	4.15 ± 0.15	0.786±0.15	0.668±0.07	0.669±0.15	0.571±0.14
LifeSpan® + Charol Mango	3.58 ± 0.11	3.58 ± 0.09	3.89 ± 0.11	4.24 ± 0.19	0.823±0.18	0.795±0.13	0.633±0.12	0.469±0.10
LifeSpan® + Charol Mango Plus	3.73 ± 0.04	4.04 ± 0.11	3.99 ± 0.08	4.15 ± 0.15	0.961±0.29	0.654±0.14	0.645±0.13	0.428±0.04
LifeSpan® + Natural Shine TFC-210®	3.83 ± 0.08	3.56 ± 0.09	3.90 ± 0.04	4.30 ± 0.16	0.657±0.15	0.742±0.16	0.595±0.04	0.388±0.08
Polypack®	3.60 ± 0.06	4.05 ± 0.05	3.98 ± 0.06	4.22 ± 0.04	0.934±0.14	0.807±0.10	0.742±0.19	0.560±0.09
Polypack® + Charol Mango	3.61 ± 0.13	3.61 ± 0.08	3.85 ± 0.19	4.06 ± 0.19	0.933±0.17	0.855±0.22	0.683±0.18	0.542±0.12
Polypack® + Charol Mango Plus	3.78 ± 0.08	3.68 ± 0.06	3.69 ± 0.06	4.19 ± 0.17	0.768±0.16	0.738±0.19	0.768±0.07	0.530±0.10
Polypack® + Natural Shine TFC-210®	3.78 ± 0.07	3.54 ± 0.08	3.81 ± 0.11	4.27 ± 0.09	0.800±0.06	0.671±0.08	0.664±0.09	0.352±0.06

Promedios de los tratamientos ± su respectiva desviación estandar de 5 muestras.

6.7.2 Sólidos solubles totales y Relación °Brix Acidez

El día de cosecha los mangos tenían °Brix de 8 y un RBA de 12, los cuales según EMEX (1998), corresponden a mangos aptos para consumo. Pasado el tiempo en la refrigeración los valores menores para los sólidos solubles totales fueron del Testigo=13.6 terminado al D-6 con promedios de 15.2 de igual forma presentó los promedios más bajos de la relación °Brix/acidez al inicio de 15 y terminando en 27.9 de dicha relación ver cuadro 6. Según el anexo 27 y 29 encontrándose diferencia significativa ($P=0.000$) para los °Brix y RBA, respectivamente.

Cuadro 7. Sólidos solubles totales y RBA en frutos de mango 'Kent', analizados en mercadeo a 20 °C por 6 días, después de 21 días almacenados a 10 °C.

Tratamientos	Sólidos Solubles Totales				Relación °Brix/Acidez			
	Días a 20 °C después de 21 días a 10 °C							
	0	2	4	6	0	2	4	6
Testigo	13.6 ± 0.4	14.5 ± 0.8	14.8 ± 0.6	15.2 ± 1.2	15.0 ± 2	19.7 ± 3	22.6 ± 3	27.9 ± 4
Charol Mango	13.9 ± 0.7	14.4 ± 0.9	15.9 ± 0.8	16.8 ± 1.4	16.0 ± 3	24.9 ± 2	21.2 ± 4	29.8 ± 7
Charol Mango Plus	15.7 ± 1.1	14.5 ± 0.7	16.4 ± 1.1	16.5 ± 0.7	22.2 ± 4	18.2 ± 6	26.4 ± 7	33.7 ± 5
Natural Shine TFC-210®	14.8 ± 1.6	15.9 ± 0.5	16.6 ± 1.1	16.2 ± 1.1	19.2 ± 2	20.8 ± 3	23.3 ± 3	34.4 ± 9
LifeSpan®	14.3 ± 0.6	14.6 ± 0.8	15.9 ± 1.2	16.2 ± 0.9	18.7 ± 4	22.2 ± 3	24.9 ± 7	30.1 ± 9
LifeSpan® + Charol Mango	14.5 ± 0.7	15.3 ± 0.7	16.0 ± 0.9	16.3 ± 1.2	18.2 ± 4	19.8 ± 5	26.2 ± 6	35.9 ± 7
LifeSpan® + Charol Mango Plus	16.9 ± 0.6	15.8 ± 1.2	16.4 ± 1.7	15.6 ± 0.7	19.3 ± 7	25.5 ± 9	25.9 ± 3	36.6 ± 4
LifeSpan® + Natural Shine TFC-210®	15.8 ± 0.9	15.5 ± 0.9	16.3 ± 0.6	15.8 ± 1.3	25.3 ± 6	21.7 ± 5	27.6 ± 1	42.2 ± 1
Polypack®	13.9 ± 1.3	15.6 ± 1.3	15.3 ± 0.8	15.5 ± 1.1	15.4 ± 3	19.6 ± 3	22.1 ± 8	28.4 ± 7
Polypack® + Charol Mango	14.0 ± 0.9	15.5 ± 0.9	17.3 ± 0.7	15.4 ± 1.2	15.4 ± 3	19.3 ± 4	27.2 ± 9	29.8 ± 8
Polypack® + Charol Mango Plus	15.7 ± 1.0	15.5 ± 0.9	16.0 ± 1.1	15.8 ± 1.2	21.0 ± 3	22.5 ± 7	21.0 ± 3	30.4 ± 5
Polypack® + Natural Shine TFC-210®	16.3 ± 0.7	15.5 ± 0.4	15.9 ± 0.9	14.9 ± 0.6	20.6 ± 2	23.5 ± 3	24.4 ± 4	43.1 ± 8

Promedios de los tratamientos ± su respectiva desviación estandar de 5 muestras.

En el caso de la relación Brix/Acidez representa un parámetro incluso de comercialización que mientras mayor es su aumento significa que es mucho mejor el desarrollo del sabor característico de los frutos de mango. En tanto que los efectos principales de los sólidos solubles totales (°Brix) en el Anexo 28 y 30, tiene un aumento del sabor al paso de los días, siendo el Testigo el que presentó menos incremento. En el caso de los frutos de la combinación de LifeSpan®+Charol Mango Plus tuvo los promedios más altos para los sólidos solubles totales al inicio, mientras que para el día 6, los que tuvieron el mayor aumento en los °Brix fueron los frutos de Charol Mango.

6.8 Análisis Sensorial

Es posible que la aceptabilidad hacia los mangos esté relacionada con el contenido de °Brix y ácido cítrico inclusive con la RBA, ya que los frutos más aceptados en base al dulzor, fueron los frutos de la combinación de LifeSpan®+Natural Shine TFC-210®, mismas que tienen un mayor contenido de estas variables en comparación de los demás (Figura 15). Para la variable acidez también fue la combinación con Natural Shine TFC-210® aunque la mejor aceptada según los evaluadores fueron los que únicamente tenían la bolsa LifeSpan®.

Dulzor, acidez, aroma y aceptabilidad general resultaron estadísticamente no significativos (Anexo 31 al 38).

Lo anterior indica que un mejor sabor de mango, reflejado en la aceptabilidad del consumidor, depende del balance entre el contenido de azúcares (°Brix), y el contenido de ácido cítrico presentes en la fruta, ya que proporcionan un mejor sabor; altos ácidos y bajos azúcares producen un sabor ácido; altos azúcares y bajos ácidos un sabor suave y ambos bajos resultan en un fruto insípido. Debido a que los contenidos de azúcares (fructosa y glucosa) y ácidos orgánicos (ácido cítrico) tienen una relación sobre la intensidad del sabor (Baldwin *et al.*, 2007).

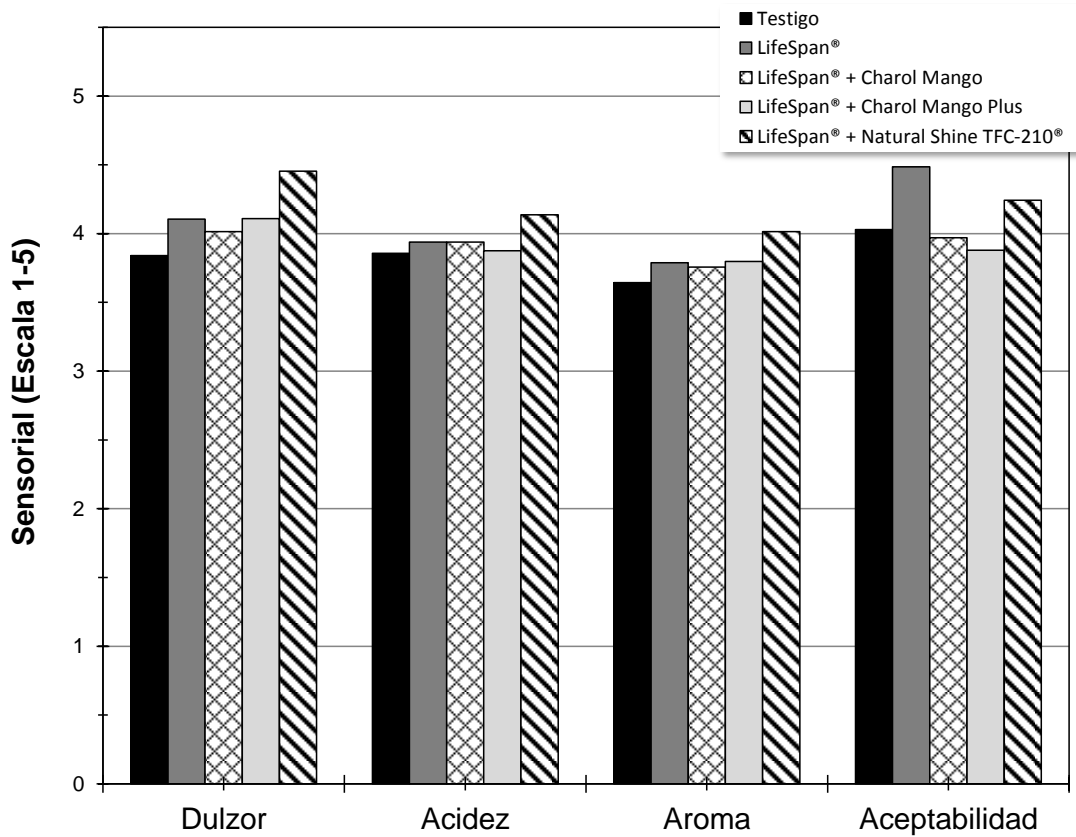


Figura 13. Análisis Sensorial en frutos de mango 'Kent' almacenados por 21 días a 10 °C y analizados al día 4 de simulación mercadeo a 20 °C.

VII. CONCLUSIONES

- Se logró crear una atmósfera por el tiempo de refrigeración donde se encontraron efectos beneficiosos de ceras y bolsas sobre las frutas de mango incluyendo mejora de apariencia, los recubrimientos impartieron un atractivo brillo de apariencia natural a las frutas, es por ellos que para mantener su calidad por largos períodos en tránsito, muestra nuevos enfoques de comercialización, ya que los mangos tienen estrictos estándares y requisitos internacionales que han elevado la necesidad de mejores tecnologías para el control tanto de enfermedades como desórdenes fisiológicos con el único fin de conservar su integridad por más tiempo.
- El empaque de mangos en las bolsas plásticas PolyPack® y LifeSpan® durante el almacenamiento refrigerado, resultó efectivo en retrasar la pérdida de firmeza, el desarrollo de color de la cáscara y de la pulpa durante el periodo de mercadeo (20 °C). La pérdida de peso también se vio disminuida cuando se utilizaron bolsas plásticas. Los contenidos de ácido cítrico y sólidos solubles totales (°Brix) no fueron diferentes en frutos empacados en bolsas plásticas y los frutos testigo.
- Los frutos de mango tuvieron una pequeña cantidad de ($\text{mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de CO_2 porque se puede asumir que los frutos ya estaban en etapa de climaterio.
- La percepción sensorial de la pulpa de mango empacada en bolsas plásticas y testigo, no mostró diferencia en la aceptabilidad general por parte de los consumidores, la combinación de LifeSpan®+Natural Shine TFC-210®, presentaron mayor contenido de sólidos solubles totales y relación °brix/acidez, así como un desarrollo de color más uniforme.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abu M., Sakyiwa O. and Darko J.O. 2020. Effects of different storage temperature conditions on ripening quality and shelf life of mango (*Mangifera indica*) fruits in Ghana. *Journal of Horticulture and Postharvest Research* 3(2):245-256.
- Ali A., Mohd N.N. and Mustafa M.A. 2015. Antimicrobial activity of chitosan enriched with lemongrass oil against anthracnose of bell pepper. *Food Packaging and Shelf Life* 3:56-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.10.003>
- Aharoni N., Rodov E., Fallink R., Porat E. and Lurie S. 2008. Controlling humidity improves efficacy of modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Acta Hort.* 804:121-128.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1998. *Official Methods of Analysis*. 16th Edition. Washington, DC.
- Araiza E., Osuna T., Siller J., Contreras L. y Sánchez E. 2005. Postharvest quality shelf-life of mango cultivars grown at Sinaloa, México. *Proc. 5th Int. Postharvest Symp.* Eds. F. Mencarelli and P. Tonutti. *Acta Hort.* 682, ISHS 2005. pp. 1275-1280.
- Ayala S.T., Schnell R.J., Meeroe A.W., Cervantes C. and Brown S. 2005. Determination of color and fruit traits of half-sib families of mango (*Mangifera Indica* L.). *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 118:253-257.
- Azcón-Bieto J. y Talon M. 1993. *Fisiología y bioquímica vegetal*. McGraw Hill Interamericana de España. España. 355p.
- Badillo G.M. and Segura-Ponce L.A. 2020. Classic and reaction-diffusion models used in modified atmosphere packaging (MAP) of fruit and vegetables. *Food Engineering Reviews* (12):209-228. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09214-3>
- Báez S.M., Siller J., Heredia J., Portillo T., Araiza E., García R. y Muy M. 1997. Fisiología poscosecha de frutos de chicozapote (*Achras sapota* L.) durante condiciones de mercadeo. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* (41):209-214.
- Baldwin E., Burns J., Kazokas W., Brecht J., Hagenmaier R., Bender R. and Pesis E. 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biol. Technology* 17:215–226.

- Barry C.S. and Giovannoni J.J. 2007. Ethylene and fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation* 26:143-159. <https://doi.org/10.1007/s00344-007-9002-y>
- Beaudry R.M. 2000. Responses of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. *HortTechnology* 10(3):491-500. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.10.3.491>
- Bender R.J. and Bresch J.K. 2000. Aroma volatiles of mature-green and tree-ripe 'Tommy Atkins' mangoes after controlled atmosphere vs. air storage. *HortScience* 35(4):684-686.
- Ben-Yehoshua S., Shapiro B., Even Z. and Lurie S. 1983. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and Bell pepper fruits by alleviation of water stress. *Plant Physiology* 73:87-93. 0032-0889/83/73/0087/07/\$00.50/0
- Bourne M. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. *Horticultural Science* 15(1):51-57.
- Bourne M.C. 1979. Texture of temperate fruit. *J. Texture Studies* 10:25-44.
- Bhande S.D., Ravindra M.R. and Goswami T.K. 2008. Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. *Journal of Food Engineering* 87:116-123. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.019>.
- Brecht J.K. 2020. Tropical fruits: Mangoes. Chapter 17.2 in *Controlled and modified atmospheres for fresh and fresh-cut produce*. Elsevier Inc. pp. 363-372. <https://doi.org/10.1016/B978-012-804599-2.0023-5>
- Brecht J.K., Pliakoni E.D. and Batziakas K. 2020. The impact of temperature on atmosphere requirements and effects: the limits of design and utility for CA/MA/MAP. *In: Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce*. Chapter 17.2 in *Controlled and modified atmospheres for fresh and fresh-cut produce*. Elsevier Inc. 363-372. pp.147-165. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804599-2.00009-0>
- Brecht J.K., Sargent S.A., Ristow N.C., Yonetto S., Osuna J.A. y Singh S. 2016. Demostrando la factibilidad del uso de atmósferas modificadas (AM) para el mango de exportación. Reporte final de investigación. Editorial. País. 14 pp.
- Brecht J.K. and Yahia E.M. 2005. Postharvest physiology. Chapter 14. *In: The mango botany, production and uses*. 2da edition. Ed. R.E. Litz. CAB International. pp.484-528.

- Borchert N.B., Cruz-Romero M.C., Mahajan P.V., Ren M., Papkovsky D.B. and Kerry J.P. 2014. Application of gas sensing technologies for non-destructive monitoring of headspace gases (O₂ and CO₂) during chilled storage of packaged mushrooms (*Agaricus bisporus*) and their correlation with product quality parameters. *Food Packaging and Shelf Life*. 2(2014):17-29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.05.001>
- Candan A.P. 2008. Beneficios de la utilización de embalajes plásticos en la conservación de duraznos, ciruelas y cerezas producidas en Argentina. INTA Alto Valle. pp 11.
- Cantín C.M., Crisosto C.H. and Day K.R. 2008. Evaluation of the effect of different modified atmosphere packaging box liners on the quality and shelf life of 'friar' plums. *HorTechnology* 18(2):261-265.
- Chitravathi K., Chauhan O.P. and Raju P.S. 2015. Influence of modified atmosphere packaging on shelf-life of green chilies (*Capsicum annuum* L.). *Food Packaging and Shelf Life*. 4:1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fpsl.2015.02.001>
- Coles R., McDowell D. and Kirwan M.J. 2003. *Food Packaging Technology*. Blackwell Publishing Ltd. Editorial Offices. 340p.
- Cua A.U. and Lizada M.C.C. 1990. Ethylene production in the 'Carobao' mango (*Mangifera Indica* L.) fruit during maturation and ripening. Postharvest Horticulture Training and Research Center Department of Horticulture. País. pp. 169-179.
- De La Cruz M.J. and García, H.S. 2002. Mango: post-harvest operations. AGS/FAO: INPhO- Post-harvest Compendium. pp. 1-6.
- Ebrahimi F. and Rastegar S. 2020. Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with *Spirulina platensis* and *Aloe vera* extract during storage at ambient temperature. *Scientia Horticulture* 265(2020) 109258. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109258>.
- Elhefny A.A., Gyulakhmedov S.G., El-Hefnawi S.M., Gad M.M. and Kuliyevev A.A. 2012. Effect of controlled atmosphere storage (CAS) on phosphofructokinase activity in mango (*Mangifera indica* L.) cv. Keitt. *Journal of King Abdulaziz University-Meteorology Environment and Arid Land Agriculture Sciences* 23(2): 15-28. <https://doi.org/10.4197/Met.23-2-2>.
- EMEX 1995 (Empacadoras de Mango de Exportación A.C.). Norma de calidad para mango fresco. Guadalajara, Jalisco, México. 6p.

- EMEX 2019 (Empacadoras de Mango de Exportación A.C.). www.mangoemex.com (Consulta, 15 junio, 2020).
- FAO 2019 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2019. FAOSTAT. Disponible en <http://faostat.fao.org> (Consulta, 10 junio 2020).
- Fenema O.R. 1985. Introducción a la ciencia de los alimentos. Ed. Reverté, S.A. Barcelona, España. pp.787-880.
- FPS 2018 (Fundación Produce Sinaloa). En www.fps.org.mx, (consulta 15 junio 2020).
- Galán S.V. 1999. El cultivo del mango. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 297p.
- Hulme A.C. 1971. The mango. In: The biochemistry of fruits and their products. A.C. Hulme (ed). Vol. 2. Academic Press London and New York. Pp. 333-373.
- Ireta O.A. y Guzmán E.C. 2002. Guía técnica para la producción de mango en Sinaloa. INIFAP. Folleto técnico no. 22. Culiacán, Sinaloa. pp. 6-13.
- Irtwange S.V. 2006. Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. 4(8).1-13.
- Jayas D.S. and Jeyamkondan, 2002. Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables. *Biosystems Engineering*. 82(3):235-251. <https://doi.org/10.1006/bioe.2002.0080>.
- Johnson G.I. and Hofman P.J. 2009. Postharvest technology and quarantine treatments. Chapter 15. In: The mango botany, production and uses. 2da edition. Ed. R.E. Litz. CAB International. pp. 530-579.
- Lakshminarayana S. 1980. Mango. In: Tropical and subtropical fruits. Nagy S. y Shaw P.E. (ed). The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. pp. 184-257.
- Lee L., Arult J., Lencki R. and Castaignet F. 1996. A review on modified atmosphere packaging and preservation of fresh fruits and vegetables: physiological basis and practical aspects-part II. *Packaging Technology and Science* 9:1-17.
- Lawless H.T. and Heymann H. 2010. Sensory evaluation of food: principles and practices. Springer. 2 edition. México. 150p.

- Kader A.A. 1986. Biochemical and physiological basic for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology* 40(5):99-100 & 102-102.
- Kader A.A. 1994. Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. *Postharvest handling of tropical fruits: proceedings of an international conference held at Chiang Mai, Thailand, 19-23 July 1993*. ACIAR Proceedings No. 50, ACIAR, Canberra, Australia. pp. 239-249.
- Kader A.A. 1997. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. http://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center_/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datstores/Vegetables_English/?uid=19&ds=799 (Acceso diciembre de 2020).
- Kader A.A. 2002. Biology and Technology Postharvest: a Panorama. Chapter 4 In: *Postharvest technology of horticultural crops*, Third ed. Pub. 3311, University of California. pp 45-47.
- Kader A.A. 2008. Mango quality attributes and grade standards: a review of available information and identification of future research needs (Report of the National Mango Board). Davis, CA, USA.
- Kader A.A., Zagory D. and Kerbel E.L. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28(1): 1-5.
- Knight R.J., Campbell R.J. and Maguire I. 2009. Important mango cultivars and their descriptors. Chapter 3. In: *The mango botany, production and uses*. 2da edition. Ed. R.E. Litz. CAB International. pp.42-66.
- Kumar P.K., Khan M.A., Kumar Y. and Kumar Y.A. 2019. Novel techniques in post-harvest management of mango- an overview. *South Asian J. Food Technology Environ.* 5(2):821-835.
- Kurubas M., Maltas A.S. Dogan A., Kaplan M. and Erkan M. 2018. Comparison of organically and conventionally produced Batavia type lettuce stored in modified atmosphere packaging for postharvest quality and nutritional parameters. *Journal of food and agriculture* 99(1):226-234. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9164>
- Lalel H.J.D. and Singh Z. 2003. Elevated levels of CO₂ in controlled atmosphere storage affects shelf life, fruit quality and aroma volatiles of mango. *Acta Hort.* 628:407-413.

- Lanoi L., Masani J. and Matofari W. 2020. Effect of edible gum Arabic coating on the shelf life and quality of mangoes (*Mangifera indica*) during storage. J. Food Sci. Technol. 57(1):79-85.
- Little A.C. 1975. A research note off on a tangent. Journal of Food Science 40:410-411.
- Mattos L.M., Moretti C.L. and Ferreira M.D. 2012. Modified atmosphere packaging for perishable plant products. Chapter 7, In: Polypropylene. Edited by Dr. Dogan, F. ISBN: 978-953-51-0636-4. InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/polypropylene/modified-atmosphere-for-perishable-plant-products> pp. 95-110.
- Mangaraj S., Goswami T.K. and Mahajan P.V. 2009. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review. Food Eng. Rev. 1:133-158. <https://doi.org/10.1007/s12393-009-9007-3>
- Mata B.I. y Mosqueda R.V. 1998. La producción de mango en México. Editorial Limusa, S. A. de C. V. UTHA. México. 159p.
- Malundo T.M.M., Badwin E.A., Moshonas M.G., Baker R.A. and Shewfelt B.L. 1997. Method for the rapid headspace analysis of mango (*Manguifera indica* L.) homogenate volatile constituents and factors affecting quatitative results. J. Agric. Food. Chem. 45:2187-2194.
- McGregor B.M. 1987. Manual de transporte de productos tropicales. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Manual de agricultura No. 668. 71p.
- McGuire R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience 27:1254–1255.
- Medlicott A.P., Bhogal M. and Reynolds S.B. 1986. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit (*Mangifera indica* var. Tommy Atkins). Ann. Appl. Biol. 109:651-656.
- Minolta. 1994. Caracterización precisa del color (control del color desde la percepción sensorial a la instrumentación). E-537205. Alemania. 21p.
- Mukherjee S.K. and Litz R.E. 2009. Botany and importance. Chapter 3. In The mango botany, production and uses. 2da edition. Ed. R.E. Litz. CAB International. pp.1-18.

- Nagy S. and Shaw P.E. 1980. Mango. In: Tropical and subtropical fruits. Lakshminarayana, S. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. pp. 184-257.
- Ospina M.S. and Cartagena V.J. 2008. La atmosfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación* 5(2):112-123.
- Padda M.S., Amarante C.V.T., Garcia R.M. and Slaughter D.C. 2011. Methods to analyze physico-chemical changes during mango ripening: a multivariate approach. *Postharvest Biology and Technology* 62:267–274. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.06.002>.
- Pantastico E.B. 1984. Fisiología de la posrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Editorial Continental, S.A. México. pp.99-100.
- Pathare P.B., Opara U.L. and Al-Said F.A. 2013. Colour measurement and analysis fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology* vol(num):36-60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>.
- PC-005-2005. Pliego de condiciones para el uso de la marca México calidad suprema en mango.
- Plotto A., Bai J. and Badwin E. 2020. Effect of CA/MA on sensory quality. Chapter 6. In: *Controlled and modified atmospheres for fresh and fresh-cut produce*. Ebook ISBN:9780128046210. Elsevier Inc. 109-130. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804599-2.00007-7>
- Prusky D., Kobilier I., Miyana I. and Alkan N. 2009. Fruit diseases. Chapter 7. In *The mango botany, production and uses*. 2da edition. Ed. R.E. Litz. CAB International. pp. 210-230.
- Shah S. and Hashmi M.S. 2019. Chitosan-aloe gel coating delays postharvest decay of mango fruit. *Horticulture, Environment and Biotechnology* 61:279-289. <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00224-7>
- Salisbury F.B. and Ross C.W. 2000. Fisiología de las plantas 2. Bioquímica vegetal. Editorial. España. 305p.
- Sherman M. 1985. Control of ethylene in the postharvest environment. *HortScience* 20(1):130-134.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Producción nacional de mango Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola> (Consultada, julio 2019).

- Singh Z. and Zaharah S.S. 2015. Controlled atmosphere storage of mango fruit: challenges and thrusts and its implications in international mango trade. *Acta Hort.* 1066, ISHS 2015. pp. 179-192.
- Srinivasa P.C., Baskaran R., Ramsh, M.N., Harish K.V. and Tharanathan R.N. 2002. Storage studies of mango packed using biodegradable chitosan film. *Eur. Food Res. Technol.* 215:504-508. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0591-1>.
- Tano K., Oulé M.K., Doyon G., Lencki R.W. and Arul J. 2007. Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 46:212-221. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.05.008>.
- Thompson A.K. 2003. *Fruit and vegetables: harvesting, handling and storage.* Blackwell Publishing Ltd. páginas.
- Thompson A.K., Prange R.K., Bancroft R.D. and Puttongsiri T. 2018. *Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables.* 3 edition. CABI International. 272p.
- Usall J., Ippolito A., Sisquella M. and Neri F. 2016. Physical treatments to control posharvest diseases of fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 122(12):30-40. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.05.002>
- Van N. and Cam D.T. 2016. Effects Of microperforated polypropylene film packaging on mangosteen fruits quality at low temperature storage. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences.* ISSN No. 2320-8694 vol(4):706-713. DOI: [http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(VIS\).706.713](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(VIS).706.713).
- Wills R., McGlasson B., Graham D. and Joyce D. 1998. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables, and ornamentals.* CAB International. Wallingford, UK. 262p.
- Yahia E.M. 1997. Manejo postcosecha del mango. Universidad de Colima-Gobierno del estado de colima, México. Programa FOMES. 117p.
- Yahia E.M., Carrillo A. and Sañudo A. 2019. Physiological disorders and their control. *In: Postharvest technology of perishable horticultural commodities.* Nombre N. (ed.). Elsevier. pp. 449-527. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813276-0.00015-8>
- Zagory D. and Kader A.A. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology* 42(9):70-74 and 76-77.

IX. ANEXOS

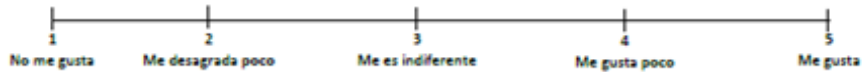
Tablas de análisis de varianza para evaluaciones físicas en frutos de mango 'Kent' (después de 21 días a 10 °C).

Anexo 1 Formato de análisis sensorial de mango.

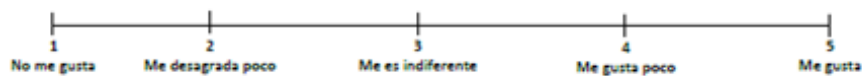
ANÁLISIS SENSORIAL DE MANGO

Frente a usted hay cinco muestras de mango codificadas (46, 85, 29, 70 y 67) que debe colocar en cada escala de acuerdo a su juicio. El objetivo de esta prueba es saber cuánto le gusta el dulzor, la acidez y el aroma de cada muestra de mango. Se puede colocar más de una muestra en un mismo punto de la escala.

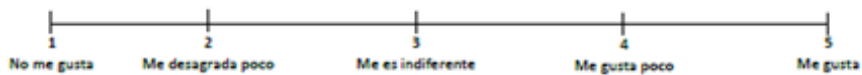
DULZOR



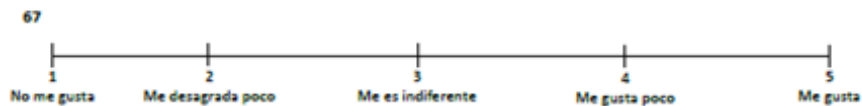
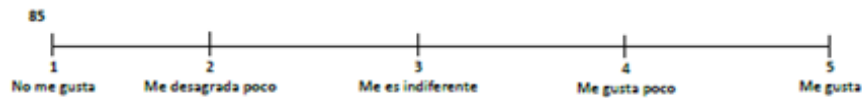
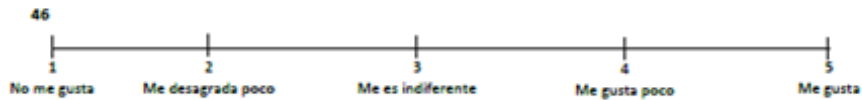
ACIDEZ



AROMA



De las cinco muestras codificadas de mango, debe probar una a la vez y marcar con un X su juicio general sobre cada muestra



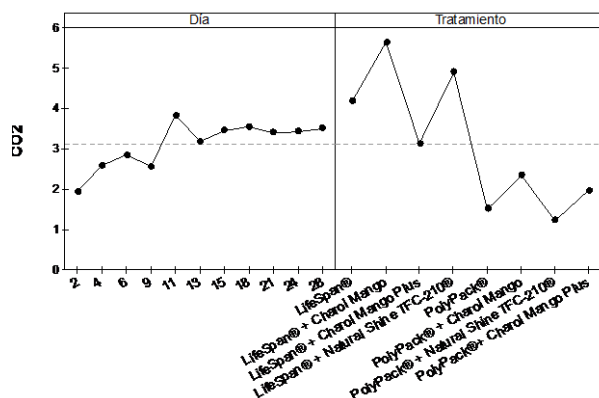
Comentarios: _____

¡Muchas gracias!

Anexo 2 Análisis de varianza para CO₂ durante el almacenamiento de mango a 10 °C por 21 días.

Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor p
Tratamiento	7	207.07	29.5817	78.38	0.000
Día	10	25.73	2.5726	6.82	0.000
Error	70	26.42	0.3774		
Total	87	259.22			

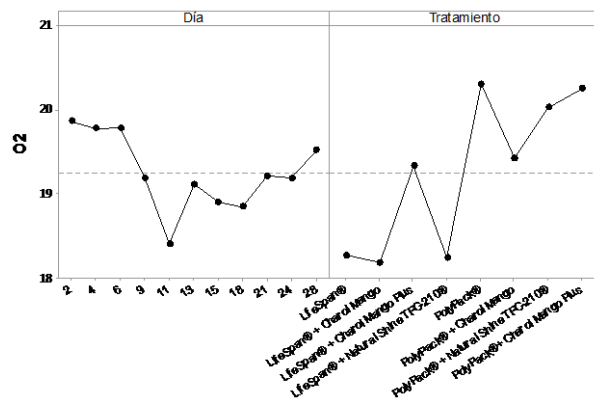
Anexo 3 Gráfica de efectos principales para CO₂ durante el almacenamiento de mango a 10 °C por 21 días.



Anexo 4 Análisis de varianza para O₂ durante el almacenamiento de mango a 10 °C por 21 días.

Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor p
Tratamiento	7	64.74	9.2487	25.23	0.000
Día	10	16.37	1.6365	4.46	0.000
Error	70	25.66	0.3666		
Total	87	106.77			

Anexo 5 Gráfica de efectos principales para O₂ durante el almacenamiento de mango a 10 °C por 21 días.



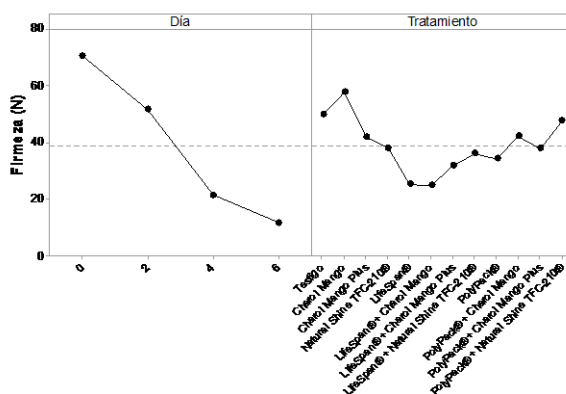
Anexo 6 Análisis de varianza para producción de CO₂ en mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	4053	368.5	2.00	0.044
Error	60	11043	184.0		
Total	71	15096			

Anexo 7 Análisis de varianza para firmeza de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	39862	3623.8	9.25	0.000
Día	3	260216	86738.6	221.29	0.000
Error	457	179127	392.0		
Falta de ajuste	33	31380	950.9	2.73	0.000
Error puro	424	147747	348.5		
Total	471	480372			

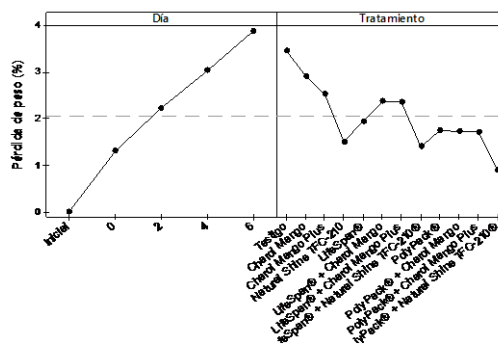
Anexo 8 Gráfica de efectos principales para firmeza de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 9 Análisis de varianza para pérdida de peso (%) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	118.62	10.784	19.77	0.000
Día	4	516.65	129.163	236.74	0.000
Error	279	152.22	0.546		
Falta de ajuste	44	43.20	0.982	2.12	0.000
Error puro	235	109.02	0.464		
Total	294	802.47			

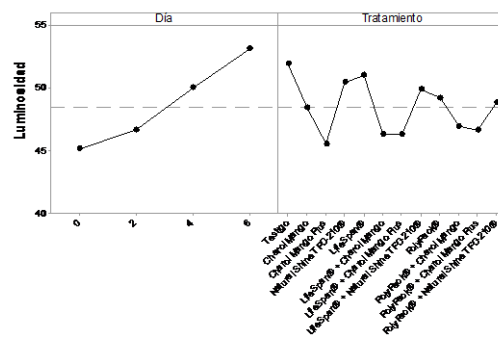
Anexo 10 Gráfica de efectos principales para pérdida de peso (%) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 11 Análisis de varianza para luminosidad externa de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	1823.7	165.79	13.52	0.000
Día	3	3945.6	1315.21	107.22	0.000
Error	435	5335.7	12.27		
Falta de ajuste	33	398.6	12.08	0.98	0.497
Error puro	402	4937.0	12.28		
Total	449	11099.2			

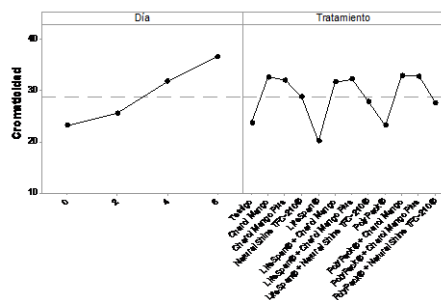
Anexo 12 Gráfica de efectos principales para luminosidad externa (cáscara) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 13 Análisis de varianza para cromaticidad de cáscara (externa) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	7729.7	702.70	38.07	0.000
Día	3	11457.2	3819.07	206.90	0.000
Error	435	8029.3	18.46		
Falta de ajuste	33	704.4	21.35	1.17	0.241
Error puro	402	7324.9	18.22		

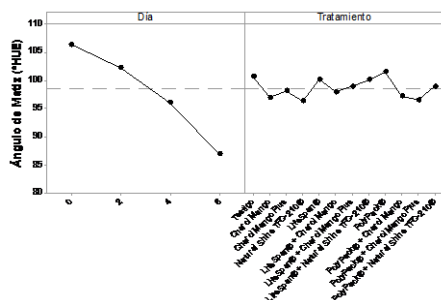
Anexo 14 Gráfica de efectos principales para cromaticidad de la cáscara (externa) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 15 Análisis de varianza para ángulo de matiz (°Hue) de cáscara (externa) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	1184	107.64	4.35	0.000
Día	3	21664	7221.38	292.15	0.000
Error	435	10753	24.72		
Falta de ajuste	33	1383	41.90	1.80	0.005
Error puro	402	9370	23.31		
Total	449	33630			

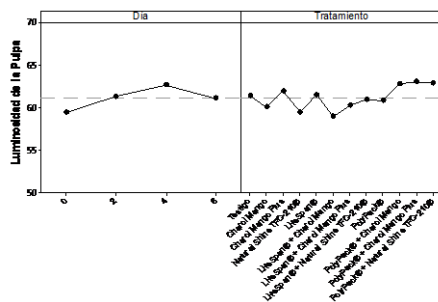
Anexo 16 Gráfica de efectos principales para ángulo de matiz (°Hue) de cáscara (externa) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 17 Análisis de varianza para luminosidad de pulpa (interna) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	777.3	70.66	5.04	0.000
Día	3	622.2	207.39	14.79	0.000
Error	453	6353.0	14.02		
Falta de ajuste	33	882.8	26.75	2.05	0.001
Error puro	420	5470.2	13.02		
Total	467	7755.0			

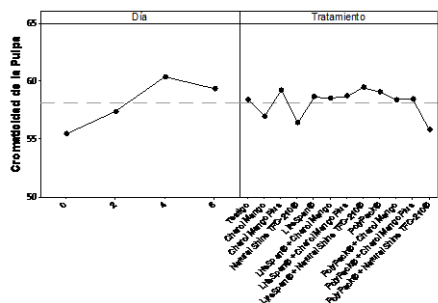
Anexo 18 Gráfica de efectos principales para luminosidad de pulpa (interna) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 19 Análisis de varianza para cromaticidad de pulpa (interna) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	498.7	45.33	2.83	0.001
Día	3	1604.3	534.75	33.39	0.000
Error	453	7255.7	16.02		
Falta de ajuste	33	1020.5	30.92	2.08	0.001
Error puro	420	6235.2	14.85		
Total	467	9409.9			

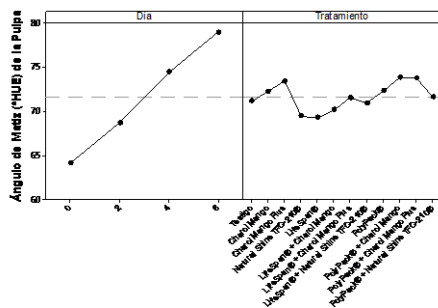
Anexo 20 Gráfica de efectos principales para cromaticidad de pulpa (interna) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 21 Análisis de varianza para ángulo de matiz (°Hue) de pulpa de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	1003	91.22	5.71	0.000
Día	3	14405	4801.64	300.35	0.000
Error	453	7242	15.99		
Falta de ajuste	33	1369	41.49	2.97	0.000
Error puro	420	5873	13.98		
Total	467	22703			

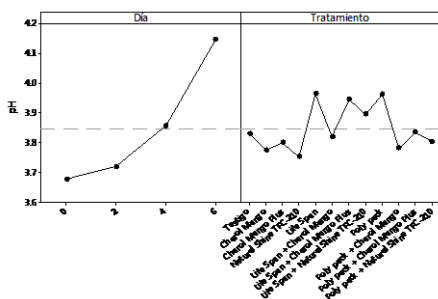
Anexo 22 Gráfica de efectos principales para ángulo de matiz (°Hue) de pulpa de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 23 Análisis de varianza para pH de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	1.225	0.11139	4.68	0.000
Día	3	7.925	2.64153	111.01	0.000
Error	223	5.306	0.02380		
Falta de ajuste	33	2.419	0.07330	4.82	0.000
Error puro	190	2.887	0.01520		
Total	237	14.490			

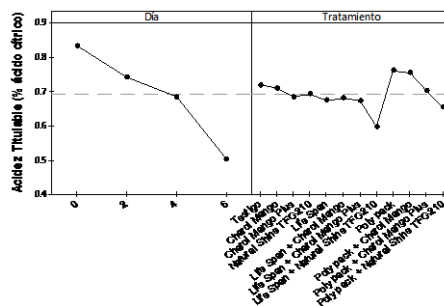
Anexo 24 Gráfica de efectos principales para pH de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 25 Análisis de varianza para acidez titulable (% de ácido cítrico) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	0.4614	0.04194	2.16	0.018
Día	3	3.4747	1.15822	59.52	0.000
Error	223	4.3393	0.01946		
Falta de ajuste	33	0.8678	0.02630	1.44	0.069
Error puro	190	3.4715	0.01827		
Total	237	8.2383			

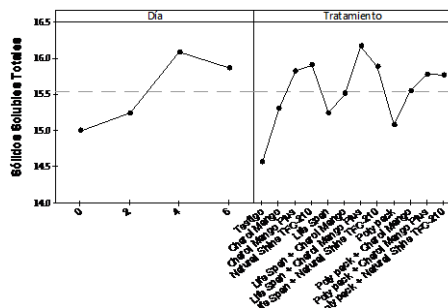
Anexo 26 Gráfica de efectos principales para acidez titulable (% de ácido cítrico) de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 27 Análisis de varianza para °Brix de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	43.07	3.9153	3.33	0.000
Día	3	47.52	15.8390	13.48	0.000
Error	223	261.98	1.1748		
Falta de ajuste	33	76.61	2.3214	2.38	0.000
Error puro	190	185.38	0.9757		
Total	237	352.26			

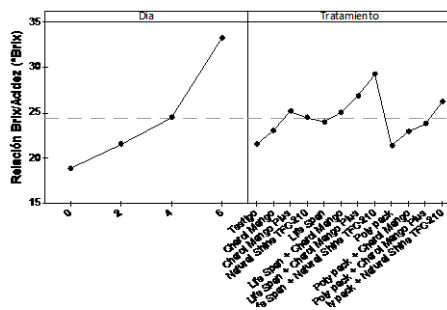
Anexo 28 Gráfica de efectos principales para °Brix de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 29 Análisis de varianza para relación °Brix/acidez de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	11	1184	107.60	3.61	0.000
Día	3	6915	2305.10	77.41	0.000
Error	223	6641	29.78		
Falta de ajuste	33	1188	35.99	1.25	0.176
Error puro	190	5453	28.70		
Total	237	14661			

Anexo 30 Gráfica de efectos principales para relación °Brix/acidez de mango almacenado a 20 °C después de 21 días a 10 °C.



Anexo 31 Prueba de Kruskal-Wallis: dulzor vs. tratamientos.

Tratamientos	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
LifeSpan®	33	4.0	80.8	-0.22
LifeSpan® + Charol Mango	33	4.0	78.5	-0.55
LifeSpan® + Charol Mango Plus	32	4.5	84.8	0.30
LifeSpan® + Natural Shine TFC-2	33	5.0	96.5	1.90
Testigo	33	4.0	72.0	-1.43
General	164		82.5	

GL= 4 P=0.723

Anexo 32. Prueba de la mediana de mood: dulzor vs. tratamientos.

Tratamientos	Mediana	Mediana general de N <=	Mediana general de N >
LifeSpan®	4.0	19	14
LifeSpan® + Charol Mango	4.0	19	14
LifeSpan® + Charol Mango Plus	4.5	15	17
LifeSpan® + Natural Shine TFC-2	5.0	15	18
Testigo	4.0	19	14
Largo plazo	4.0		

GL= 4 P=0.251

Anexo 33 Prueba de Kruskal-Wallis: acidez vs. tratamientos.

Tratamientos	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
LifeSpan®	33	4	83.2	0.09
LifeSpan® + Charol Mango	33	4	79.1	-0.46
LifeSpan® + Charol Mango Plus	32	4	81.4	-0.14
LifeSpan® + Natural Shine TFC-2	33	4	88.5	0.81
Testigo	33	4	80.3	-0.30
General	164		82.5	

GL= 4 P=0.931

Anexo 34 Prueba de la mediana de mood: acidez vs. tratamientos.

Tratamientos	Mediana	Mediana general de N <=	Mediana general de N >
LifeSpan®	4	21	12
LifeSpan® + Charol Mango	4	22	11
LifeSpan® + Charol Mango Plus	4	18	14
LifeSpan® + Natural Shine TFC-2	4	19	14
Testigo	4	17	16
Largo plazo	4		

GL= 4 P=0.738

Anexo 35 Prueba de Kruskal-Wallis: aroma vs. tratamientos.

Tratamientos	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
LifeSpan®	33	4.00	81.1	-0.19
LifeSpan® + Charol Mango	33	4.00	79.9	-0.36
LifeSpan® + Charol Mango Plus	32	4.00	82.4	-0.01
LifeSpan® + Natural Shine TFC-2	33	4.00	93.1	1.44
Testigo	33	3.75	76.0	-0.88
General	164		82.5	

GL= 4 P=0.626

Anexo 36 Prueba de la mediana de mood: aroma vs. tratamientos

Tratamientos	Mediana	Mediana general de N <=	Mediana general de N >
LifeSpan®	4.00	24	9
LifeSpan® + Charol Mango	4.00	23	10
LifeSpan® + Charol Mango Plus	4.00	20	12
LifeSpan® + Natural Shine TFC-2	4.00	18	15
Testigo	3.75	23	10
Largo plazo	4.00		

GL= 4 P=0.531

Anexo 37 Prueba de Kruskal-Wallis: aceptabilidad vs. tratamientos.

Tratamientos	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
LifeSpan®	33	5	97.5	1.95
LifeSpan® + Charol Mango	33	4	78.3	-0.63
LifeSpan® + Charol Mango Plus	33	4	72.7	-1.38
LifeSpan® + Natural Shine TFC-2	33	5	88.0	0.67
Testigo	33	4	78.4	-0.62
General	165		83.0	

GL= 4 P=0.173

Anexo 38 Prueba de la mediana de mood: aceptabilidad vs. tratamientos.

Tratamientos	Mediana	Mediana general de N <=	Mediana general de N >
LifeSpan®	5	14	19
LifeSpan® + Charol Mango	4	18	15
LifeSpan® + Charol Mango Plus	4	21	12
LifeSpan® + Natural Shine TFC-2	5	16	17
Testigo	4	19	14
Largo plazo	4		

GL= 4 P=0.470