

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS:
CRITERIOS DE SELECCION DE ENVASE
PARA UN SISTEMA DE ATMOSFERAS
MODIFICADAS PARA MANZANA FRESCA.

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
DAVID LOPEZ LIMA

ASESOR: M. EN C. MARIA DE LA LUZ ZAMBRANO ZARAGOZA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

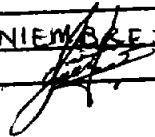
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: David López Lima

FECHA: 18-NOVIEMBRE-04

FIRMA: 

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:
Envase y Embalaje de Alimentos: Criterios de Selección de envase para un Sistema de Atmosferas

Modificadas para Manzana Fresca.

que presenta el pasante: David López Lima

con número de cuenta: 9110073-5 para obtener el título de:
Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 18 de Mayo de 2004

MODULO

PROFESOR

FIRMA

II

I.A. Rosalva Meléndez Pérez

II

I.B.Q. Jaime Flores Minutti

IV

M. C. María de la Luz Zambrano Zaragoza

Agradecimientos:

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, la oportunidad tan hermosa de vivir, quien siempre me ha permitido salir adelante, a el doy gracias por la familia en la cual me envié y por permitirme lograr concretar mis estudios, sin su ayuda yo no hubiera hecho todas las cosas lindas que he hecho en esta vida. Ahora solo te pido que guíes a mis hijos por buen camino.

Quiero agradecer a mis padres quienes me otorgaron la vida, cariño y por que siempre se preocuparon por que no me faltara nada, gracias por su gran ejemplo de superación, a sus días de desvelo a ellos debo este logro.

Le doy las gracias a un ser muy especial en mi corazón, a mi esposa Elizabeth, verdadera amiga y compañera, quien en todo momento me brinda su apoyo, comprensión y amor, de verdad gracias por tu apoyo incondicional ante todo.

A esos dos angelitos que dios me ha mandado Edson Jaffet y Natalie Andrea, les dedico este logro con todo mi amor, mi cariño espero que en su momento esto los motive a superarse, el día de mañana que lo tomen como ejemplo y compromiso para bienestar de ustedes mismos. Dios los bendiga

A mis hermanos, quien sin su apoyo y sacrificio este logro no hubiera sido posible, a sus horas de entrega, de paciencia y de amor. A todos ustedes siempre los llevaré en mi corazón. A mis sobrinos y sobrinas que sirva de ejemplo y motivación, dios los bendiga.

A todos mis tíos y tías por su apoyo sin igual, a mamá Ester q.p.d. a mamá Elpidia, a mis primos y primas por crecer juntos, es decir a toda la familia López y Lima.

Gracias a la profesora Maria de la Luz Zambrano Zaragoza quien siempre me apoyó y sustentó la idea de este proyecto, así como por su ayuda y comprensión.

También quiero agradecer a mis amigos y amigas por su amistad, a todos mis compañeros de generación 20 de Ingeniería en Alimentos: Roy, Beno, David Ramírez, Claudia Leonar, Roberto, Keins, Marco, Moy, Fernando Cortes, Zaira, Francisco Javier, Omar Altamirano, Krisna Nayllely.

Agradezco también las inmensas enseñanzas de los profesores que me impartieron clase a lo largo de mi enseñanza en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Doctora Sara Valdez, Ing. Rosalía, Ing. José Luis Buenrostro, I.A. Miriam Álvarez, por mencionar algunos pero gracias a todos.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO por haberme forjado el profesionista que hoy soy y por brindarme los conocimientos necesarios para ayudar a mi país y a mi mundo.

Índice

	Pág.
Introducción	I
Objetivos	IV
Cuadro metodológico	V
1 Generalidades de la manzana como fruta fresca	1
1.1 Características generales de la manzana	3
1.2 Respiración climatérica	4
1.3 Producción de etileno	6
1.4 Composición química de la manzana	9
1.5 Pérdida fisiológica de peso	9
1.6 Índices de calidad	11
1.7 Almacenamiento de la manzana	14
1.8 Variaciones en la composición de la manzana durante el Almacenamiento	18
2 Características de los envases para Atmósferas modificadas para manzanas	20
2.1 Características del cartón como material de empaque de manzana fresca	25
2.2 Características de los plásticos como material de envase	32
2.3 Propiedades de barrera de las películas plásticas	35
2.3.1 Permeabilidad al vapor de agua	37
2.3.2 Permeabilidad al O ₂ /CO ₂	37

2.4 Propiedades del polietileno de baja densidad	41
3 Condiciones de almacenamiento en atmósfera modificada para manzana	43
3.1 Definiciones	45
3.2 Gases empleados en el envasado para manzana con atmósferas modificadas	47
3.2.1 Concentraciones de O ₂	48
3.2.2 Concentraciones de CO ₂	49
3.3 Requerimientos para el envasado de manzana fresca con Atmósfera modificada	50
3.4 Efectos del envasado de manzana fresca con atmósfera modificada	53
Conclusiones	56
Bibliografía	58

Índice de cuadros

	Pág.
1. Tasa de producción de etileno de algunos frutos	8
2. Composición de la parte comestible de la manzana	9
3. Principales propiedades mecánicas con que debe cumplir el cartón como material de empaque para la manzana fresca.	32
4. Características de permeabilidad de diferentes películas de posible utilización en envasado en atmósferas modificadas (MA) de frutos frescos y mínimamente procesados.	40
5. Lista de requerimientos y recomendaciones para atmósfera controlada (CA) y atmósfera modificada (MA) para variedades más populares de manzana.	52

Índice de figuras

	Pág
1. Respiración climatérica; desprendimiento de CO ₂ durante la maduración de las manzanas.	5
2. Estructura del cartón corrugado	27
3. Tipos de corrugado según su estructura	27
4. Tamaños de flautas en corrugados	28
5. Diseño de caja de cartón corrugado tipo ranurado regular y sus dimensiones aptas para manzana fresca.	29

Introducción.

El envase es un recipiente, que cumple una función de representación encaminada a llamar la atención del distribuidor y seducir al comprador, además de conferirle al producto protección de la calidad, conservación e higiene frente a factores exteriores que pueden alterar el contenido, como factores físicos, químicos, bioquímicos y microbiológicos, es decir debe de actuar no solo como barrera, sino asegurar en función de sus características, la conservación de las propiedades del alimento, desde su producción hasta su consumo.

Por lo tanto, no es posible caracterizar un material de envase sin tener en cuenta sus circunstancias, claro hay que definirlo siempre en función del producto a acondicionar, de la tecnología de conservación utilizada, de la vida comercial deseada y de las condiciones de almacenamiento, transporte y distribución¹⁶.

El número de polímeros utilizados o utilizables como material de envase de alimentos es muy importante, un campo que a día se actualiza, anteriormente se hablaba de una relación del producto y material de envase, a la cual se puede agregar actualmente una tecnología de conservación como puede ser para el caso de frutas y hortalizas las atmósferas modificadas. Estos avances han llevado a una gran contribución a un mercado más eficiente de frutas y hortalizas frescas, recibiendo así los consumidores frutas fuera de temporada en condiciones frescas, menos dañadas e higiénicas representando esto una vida de anaquel mayor.

Durante el período posrecolección, la manzana muestra una reducción gradual de calidad unida a cambios bioquímicos y fisiológicos. Para atenuar la rápida disminución de la calidad relacionada con estas alteraciones, es necesario evitar condiciones indeseables durante las etapas posteriores a la cosecha, lo que se consigue mediante el uso de conservación en atmósferas modificadas permitiendo la prolongación del tiempo de almacenamiento respecto a la conservación en atmósfera normal, manteniendo una calidad aceptable. Dada la conveniencia de extender su venta y consumo en la medida de lo posible a todas las estaciones del año.

La conservación de manzana fresca bajo atmósfera modificada (MA, por sus siglas en inglés Modified Atmosphere) podría disminuir las pérdidas de clorofila contribuyendo a mantener el color intenso del producto fresco, evitaría el aumento de problemas fisiológicos, reduciría la pérdida de peso y de algunos nutrientes como carbohidratos y proteínas conservando así su calidad.

La conservación de alimentos en atmósfera modificada en la actualidad se encuentra muy extendida principalmente debido a que se perfila como un sistema seguro en la conservación de alimentos. Las atmósferas controladas (CA, por sus siglas en inglés Controlled Atmosphere) consisten, en la extracción o adición de gases que proporcionan una composición atmosférica en el entorno del producto diferente a la del aire (78.08% de N₂, 20.95 % de O₂ y 0.03% de CO₂) 48.

El sistema de almacenamiento de MA como método de conservación para manzana fresca, empleando una película polimérica, capaz de conservar los niveles de permeabilidad a los gases como oxígeno (O₂) dióxido de carbono (CO₂) y así como de la impermeabilidad al vapor de agua, teniendo a

la vez la capacidad de conservar los niveles de los gases durante toda la cadena de almacenamiento o comercialización. Normalmente esta tecnología dispone la reducción de la concentración de oxígeno y/o elevación de la concentración de dióxido de carbono.

Al tratarse de un fruto estacional la cosecha se realiza dependiendo la variedad es de gran interés económico al establecer unas condiciones de conservación que permitan prolongar su calidad comercial.

Ante estas circunstancias en el presente trabajo se estudia la conservación de manzanas frescas en atmósferas modificadas, mediante un envase de plástico de permeabilidad selectiva, donde se ha demostrado un efecto positivo del polietileno de baja densidad en la conservación, logrando disminuir su metabolismo con lo que se obtiene una reducción en la velocidad de respiración, un retraso en la maduración que a su vez está asociada a cambios bioquímicos y fisiológicos que repercuten en cambios composicionales, dando como resultado un tiempo de vida de anaquel mayor.

OBJETIVO GENERAL:

Analizar los aspectos más importantes y beneficios del uso de atmósferas modificadas para la conservación de manzana fresca mediante un empaque.

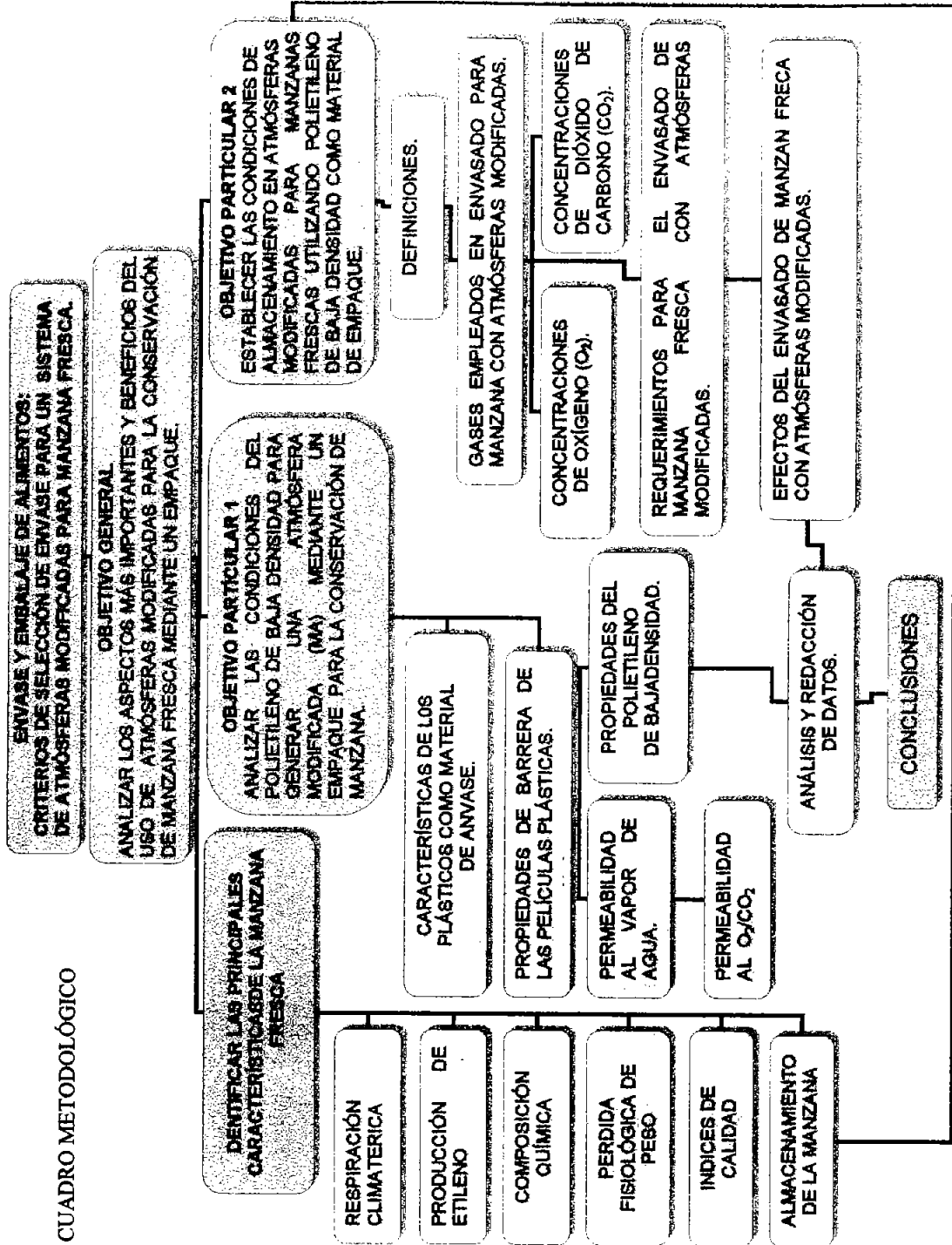
OBJETIVO PARTICULAR 1:

Analizar las condiciones del polietileno de baja densidad para generar una atmósfera modificada mediante un empaque (MA) para la conservación de manzana.

OBJETIVO PARTICULAR 2:

Establecer las condiciones de almacenamiento en atmósferas modificadas para manzanas frescas utilizando polietileno de baja densidad como material de empaque.

CUADRO METODOLÓGICO



En el cuadro metodológico, como se puede apreciar se estudiara y analizara la investigación bibliográfica, realizando un trabajo de campo con libros de texto, apuntes, revistas, páginas web nacionales e internacionales.

En el primer capítulo se estudiara las características generales de la manzana como fruta fresca, es decir, factores importantes como respiración climatérica, producción de etileno, pérdida fisiológica, composición química, índices de calidad y sistemas de almacenamiento.

En el capítulo II se estudiara las características de los plásticos como materiales de envase para manzana, así como la aplicación de estos en los sistemas de almacenamiento de atmósferas modificadas además de:

Las principales características de los plásticos recomendados para atmósferas modificadas, propiedades de barrera de las películas plásticas (permeabilidad al vapor de agua y gases de O₂ / CO₂), también se expone las características del polietileno como material de envase.

En el capítulo III se estudiara el envasado y almacenamiento de la manzana en atmósferas modificadas mediante un empaque flexible de polietileno de baja densidad, así como los efectos que se reportan de esta moderna técnica.

1. GENERALIDADES DE LA MANZANA COMO FRUTA FRESCA.

La mayoría de *las frutas* consisten en el material pulposo y comestible que se desarrolla alrededor y se adhiere a la semilla después que una planta ha florecido. Un número de semillas puede estar encerrado en un ovario como sucede con los arándanos y la grosella silvestre. El material comestible puede estar rodeado por una cáscara dura como en el caso del melón, o por una cáscara semejante al cuero como en las naranjas y limones, para la fruta carosa de la fresa consiste en el receptáculo aumentado de la flor, tanto de la zarzamora como la frambuesa están formadas de material comestible alrededor de varios ovarios de una sola flor, la parte comestible puede encontrarse alrededor de un centro como en el caso de la manzana, o alrededor de un hueso duro, como en el del chabacano ²¹.

Las frutas son apreciadas por su atractivo color, por su aroma agradable, debido principalmente a una mezcla compleja de constituyentes volátiles (como los aldehídos, alcoholes y ésteres) por su sabor agri dulce y por su textura suave y crujiente, y por los nutrientes con que contribuyen a la alimentación.

Las frutas tienen, en general, como característica común su riqueza en azúcar, acidez relativamente elevada y aroma pronunciado, que normalmente se consumen en estado fresco.

Por lo general, la maduración de las frutas, tal como se realiza sobre la planta o después de la cosecha, conduce a un equilibrio óptimo de sus caracteres

organolépticos. Por esta razón, cuando se desea prolongar el almacenamiento de las frutas para su consumo en fresco, se recogen antes de su completa maduración o se retrasa ésta mediante la conservación en una cámara con una atmósfera regulada y que puede estar asociada con la refrigeración⁴.

El desarrollo del fruto en el árbol se ha dividido convencionalmente en tres periodos: crecimiento, maduración y senescencia, sin que sea establecido una clara distribución entre ellos. Mientras que el *crecimiento* incluye la división y elongación celular, la *maduración* comprende una serie de cambios bioquímicos, fisiológicos estructurales que modifican sus características sensoriales, haciendo atractivo al consumidor y por último la *senescencia* es un proceso irreversible de degeneración y desintegración de los tejidos que conduce a la muerte del fruto²⁷.

Mientras que los mecanismos que regulan el crecimiento y la senescencia presentan una pauta similar en todos los frutos, en la maduración encontramos ante una situación deficiente, ya que en unos frutos interviene como regulador de la misma el etileno, en otros este proceso es independiente.

En la actualidad los consumidores buscan, por conveniencia, los productos precortados, preparados y envasados, y aun cuando realizan sus compras de manera cotidiana, se puede asegurar que los productos que presentan bajo peso, decolorados, golpeados o con cualquier otro tipo de daño no pueden salir a la venta.

1.1 Características generales de la manzana.

La *manzana* es un fruto de color intenso y variado (desde roja, verde y amarilla), de forma esférica (algunas más largas que anchas) y simétrica, con la carne blanco-amarillenta firme, fina, jugosa, perfumada y muy sabrosa.

El color constituye uno de los factores organolépticos más atractivos de las frutas y es debido como en el caso de la manzana a la clorofila que proporciona un color verde característico y carotenos que son responsables del color amarillo y del rojo característico de algunas variedades de manzana que contiene de este último en la piel 5.6mg/Kg., mientras que en la porción carnosa solo tiene 0.9-5.4 mg/kg³⁴.

La parte comestible de la manzana es el receptáculo, que no sólo protege su fruto, las pepitas o semillas, sino que también le proporcionan una envoltura atractiva lo que estimula su consumo¹¹.

Los principales estados productores de manzana en México son: Chihuahua, Durango, Coahuila, Puebla y Sonora, en menor proporción en Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo, Estado de México, Chiapas y Veracruz. Según estimaciones realizadas en México por la Comisión Nacional de Fruticultura y la Confederación de Productores de manzana, el 90% de la producción de este fruto en el país se consume como fruta fresca y el 10% restante se aprovecha para usos industrializados⁴⁰.

En América las más populares son *Red delicious*, *Golden delicious* y *McIntosh*. Dentro de los países importantes productores de este fruto esta Estados Unidos, Francia, Alemania, Italia sin descartar a México.

1.2 Respiración climatérica.

La respiración climatérica es un fenómeno bien documentada, característico de la mayor parte, pero no de todas, las frutas.

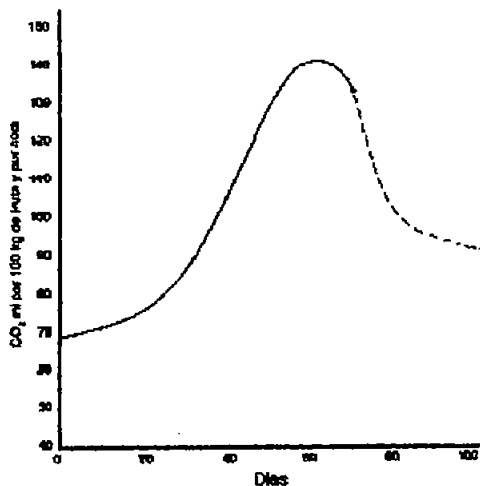
Frutos climatéricos: Estos frutos tienen una maduración organoléptica rápida, conocida como climatérico. La respiración y la producción de calor aumentan en ellas de un modo a veces espectacular, al igual que la producción de etileno, y durante este período la fruta se ablanda y desarrolla su sabor y aroma característico ⁸.

En esta fase de crecimiento de las frutas se caracteriza por un repentino aumento de la actividad metabólica.

El término climatérico fue descrito por Kidd y West para describir el rápido incremento de la producción de CO₂ que tenía lugar durante la maduración de algunas frutas ⁸.

Los frutos no climatéricos: Estos frutos no ofrecen una fase de maduración organoléptica rápida. Maduran lentamente, unidos a la planta de procedencia, y su calidad como producto comestible no mejora tras la recolección. Las frutas no climatéricas tienen una actividad respiratoria relativamente baja, que declina lentamente tras la maduración ⁸.

FIGURA 1: Respiración Climatérica; desprendimiento de CO₂ durante la maduración de las manzanas.



Arthey, (1996)⁸

En la figura 1 se aprecia que la intensidad respiratoria que presenta la manzana en su etapa de maduración después de recolectada, es muy elevada lo que constituye un buen índice del tiempo que pueden conservarse las frutas, valores elevados indican una vida corta en el almacenamiento. Hay un aumento, más o menos rápido, de la intensidad respiratoria (fruto no maduro) hasta alcanzar un máximo, conocido como pico climatérico, que en general representa la calidad óptima (madurez) después del cual disminuye de nuevo, esta disminución corresponde al comienzo de la senescencia.

Ese marcado incremento transitorio en la respiración durante su maduración esta asociado con el incremento de la producción y la sensibilidad al etileno ⁶.

Es por esta razón que se recolectan antes del citado pico, de forma que terminan de madurar una vez desprendido del árbol y se trata de prolongar en el almacenamiento con las condiciones adecuadas. Por la importancia económica de la fruta es de gran interés aumentar su periodo de comercialización para evitar así, una serie de cambios bioquímicos, por la producción de etileno, que llevan consigo un aumento en la respiración y conducen a la maduración, siendo el proceso y los cambios que le acompañan los que conducen al envejecimiento o senescencia. La prolongación de la conservación puede lograrse controlando dicho proceso. Las condiciones de almacenamiento no sólo dependen de la especie, sino también de la variedad, e incluso de la zona de cultivo ⁶.

1.3 Producción de etileno.

El *etileno* es un gas empleado para inducir la fase climatérica en numerosos productos antes de lanzarlos al mercado.

Numerosos investigadores demostraron, que el etileno acelera la maduración de numerosas frutas, pasando así a ser considerado este compuesto como un agente exógeno capaz de promover la maduración. A medida que numerosas frutas crecen y maduran se hacen progresivamente más sensibles al etileno.

La producción de etileno se reduce por los bajos niveles de O₂, elevados de CO₂, o ambos simultáneamente ⁵². Además de que contribuye a la neosíntesis de enzimas implicadas en la maduración de la fruta. La maduración organoléptica se

ha considerado desde hace mucho tiempo como un proceso de envejecimiento debido a la degradación de la integridad celular de los tejidos ¹⁶.

El etileno debilita la unión de las frutas al rabo de las mismas (abscisión) y las prepara para su desprendimiento de la planta o para su recolección, al igual que inicia la maduración de los frutos climatéricos y acelera su senescencia final, por eso es que se utiliza con frecuencia el tratamiento de este para la maduración controlada o desverdecimiento en las frutas para su explotación comercial ¹⁶.

Todas las frutas producen pequeñas cantidades de etileno a lo largo de su desarrollo, la respuesta de las frutas al tratamiento con etileno difiere según se trate de climatéricas o de no climatéricas; durante la maduración organoléptica los frutos climatéricos lo producen en cantidades mucho más elevadas que los no climatéricos ¹⁶. La exposición a concentraciones de etileno tan bajas como 0.1-1.0 microlitos por litro, durante un día, basta normalmente para acelerar la plena maduración de los frutos climatéricos ¹⁶. Por eso es que debe aplicarse antes de que se inicie el climatérico, ya que el efecto que produce es el adelantamiento del mismo, sin modificar apenas el máximo de la actividad respiratoria.

En los frutos no climatéricos el etileno en cambio, solo acelera la actividad respiratoria, dependiendo la magnitud del incremento de la concentración de etileno a que se hayan visto expuestos y el tratamiento con este gas puede hacerse en cualquier momento, el estímulo de la respiración que se produce es tanto mas importante cuanto mayor sea la proporción de etileno en la atmósfera.

Se ha demostrado que los gases producidos por las manzanas maduras estimulaban la respiración de las que no lo estaban, induciendo en ellas el

climaterio y la maduración, demostrando que el principio activo presente en esos gases era el etileno ⁸.

La exposición de la manzana al etileno adelanta la aparición de un incremento irreversible en la actividad respiratoria y la rápida maduración ⁸.

La estimulación de la producción de etileno mediante el estrés a que se someten los tejidos vegetales tiene lugar, normalmente, después de un período de latencia de 10-30 minutos y desciende posteriormente después de haber alcanzado un pico en las siguientes horas¹⁶.

CUADRO 1: Tasa de producción de etileno de algunos frutos.

Fruto	Producción de Etileno (litros/kg-h a 20°C)
Manzana	Muy alta (>10.0)
Mango	Moderada (1.0-10.0)
Melón Persa	Moderada (1.0-10.0)
Melón amargo	Baja (0.1-1.0)
Mora	Baja (0.1-1.0)
Mandarina	Muy baja (<0.1)
Naranja	Muy baja (<0.1)

Cantwell, 1999 ¹⁷.

En el cuadro 1 se muestra la producción de etileno y susceptibilidad al mismo para diferentes frutas, en este se tiene que la producción de etileno para la manzana es mayor a 10.0 (litros/Kg-h) la manzana en comparación con otros

frutos tiene una tasa de producción de etileno muy alta, el etileno particularmente en la manzana puede acelerar la senescencia y pérdida de firmeza ¹⁷.

1.4 Composición química de la manzana.

En el cuadro 2 se incluyen los datos de los principales componentes de la porción comestible. Las manzanas contienen además sales minerales, fósforo, calcio, magnesio, hierro, sodio, potasio, así como distintas vitaminas; B1 (aneurina), la vitamina C (ácido ascórbico), la B2 (riboflavina), ácido nicotínico (la piel contiene más del doble que la pulpa), el ácido pantoténico, y biotina en las manzanas y las peras, en estado de madurez, el almidón está presente sólo en cantidades traza ⁴⁰.

CUADRO 2: Composición de la parte comestible de la manzana.

Agua	78-93%
Azúcares totales	3.0-15%
Proteínas (Nx 6.5)(100)	0.1-0.4
Grasa	0.1-0.7%
Acidez (m. Equiv/100 g)	3-41
Cenizas	0.2-0.5%
Fibra	0.6-2.4%

KRAMER, 1982 ³⁵.

1.5 Pérdida fisiológica de peso.

Los cambios degradativos que ocurren durante la senescencia son inducidos e iniciados por la acción fisiológica de alguna manipulación mecánica,

por esta misma razón es conveniente conocer la fisiología y la bioquímica de cada variedad.

Las frutas y hortalizas son alimentos con elevada humedad, que tienen valores de a_w entre 0.97 y 1.00. En consecuencia se necesita confiar en la combinación de las temperaturas de enfriamiento óptimas y el envasado en atmósfera modificada para inhibir el crecimiento de microorganismos y poder así ampliar la vida útil y garantizar la seguridad de los productos frescos empaquetados ³¹.

La pérdida de humedad, con el correspondiente marchitamiento y arrugamiento, es uno de los caminos obvios en que se pierde la frescura de las frutas, puesto que las frutas tienen un 80-95% de agua, por lo que la manzana pierde humedad siempre que la humedad relativa (HR) es inferior al 80-95 ⁴⁸.

La pérdida de agua representa un descenso del peso comercial y por tanto una disminución de su valor en el mercado. Una pérdida de sólo un 5 al 7% de su peso en las manzanas comienzan a arrugarse, incluso sin que lleguen a arrugarse las pérdidas de agua disminuyen la tendencia a crujiar al ser masticados, llegando a alterar otras propiedades organolépticas ²⁵.

Cada fruto posee características propias, pero hay diferencias entre las distintas variedades de una especie que deben ser cuidadosamente estudiadas por los productores y los industriales para asegurar su éxito comercial.

La manzana al igual que otros frutos cuando aún son parte del árbol en crecimiento, elimina agua en forma de vapor. Esta pérdida de agua se compensa mediante la captación de agua a través de las raíces, así una vez cosechadas y almacenadas continúan perdiendo humedad.

Los métodos disponibles para aminorar la pérdida de agua se hallan por tanto limitados a reducir la capacidad de absorción de agua del aire con el que contactan las frutas frescas, descendiendo su temperatura o aumentando su humedad, es decir, reduciendo la diferencia de presión de vapor entre el producto y el aire, e interponer una barrera (película plástica de polietileno baja densidad) que impida o dificulte el paso del agua ¹⁶.

1.6 Índices de calidad.

El productor de fruta para el consumo fresco, se preocupa fundamentalmente de los atributos de apreciación visual, como el tamaño, la forma, el color, la carencia de defectos y las enfermedades.

La mayor parte de las manzanas se cultivan para el consumo directo y por tanto se clasifican ya al recolectarlas. Para el comerciante al por menor, los factores primordiales son el tamaño, la forma, el color y la ausencia de defectos. Las piezas que no alcanzan los estándares exigidos y están sanas sirven para la obtención de elaborados industriales; los criterios selectivos para la industria son el grado de madurez, el aroma, la acidez y la riqueza en sólidos solubles ⁸.

El fruto es en general de buen tamaño, en relación con la variedad pueden ser más largas que anchas, algunas de forma más redondeada, el color es normalmente intenso ya que es un factor determinante para su clasificación. En lo que respecta a los índices para determinar el tiempo de cosecha existen diversos indicadores, tales como: firmeza, contenido de sólidos solubles, coloración de la fruta, coloración café de la semilla y los días transcurridos desde la fecha de

floración media hasta la madurez. Las condiciones climáticas son determinantes para que las fechas de cosecha varíen cada año⁴¹.

La *calidad* es una propiedad muy compleja que puede definirse, en este caso, como la suma de todos los atributos que se combinan para hacer que las frutas sean aceptables, deseables y nutritivamente valiosas como alimentos, se entiende que la calidad es específica de cada producto, variedad de cultivo dentro de una especie²⁵.

Dentro de los principales índices de cosecha de la manzana podemos mencionar:

- El cambio de color de fondo, indicador útil para los cosechadores.
- La fruta debe ser cosechada antes de la completa degradación del almidón.
- La cosecha de la fruta debe efectuarse alrededor de los 180 y 190 días después de la floración para reducir la incidencia de desórdenes fisiológicos (partidura de la piel y pardeamiento interno (skin cracking-internal browning)).

Dentro de los principales índices de consumo de la manzana podemos mencionar⁵:

- Firmeza, crujiente, ausencia de harinosidad.
- Sabor.
- Ausencia de defectos como golpes, pudrición, partiduras de la cavidad calicinar, peduncular y de la piel (cheking), picado amargo (bitter pit), daño por insectos, etc.
- Porcentaje de coloración de la manzana.

Los factores mencionados en los párrafos anteriores tienen un efecto bastante considerable sobre la conservabilidad de las manzanas, en parte porque modifican el proceso de maduración de los frutos en el árbol, acelerándolo o haciéndolo más lento. Sin duda alguna, el estado de maduración en el momento de la cosecha y del almacenaje son muy importantes, la mejor práctica consiste en recolectar por la mañana temprano o por la noche y eliminar el calor del producto tan pronto como sea posible por alguno de los diferentes sistemas de enfriamiento¹⁶.

Existen factores que pueden afectar la calidad de la manzana como son; localización geográfica del área de producción, los cambios climáticos y el grado de madurez en el momento de la recolección, o en el del procesado.

Uno de los atributos que debe cuidarse en la fruta es una buena selección, que comprende la remoción del producto con características indeseables para el comercio. En la mayor parte de las operaciones de empacado la selección se realiza manualmente, a medida que el producto se desplaza por un rodillo o una banda transportadora frente a los trabajadores. Los productos dañados por insectos, enfermedades o lesiones mecánicas, que obviamente no se pueden comercializar, se separan de las piezas en buenas condiciones, las piezas que quitan, las colocan en otra banda transportadora, que a su vez las lleva a otra área de embalaje o a un punto de recolección para su recuperación o descarte final.

La clasificación de tamaño se realiza por medios mecánicos, las máquinas clasificadoras operan según dos principios básicos; peso y diámetro. La clasificación en función del diámetro es más efectiva para ciertos cultivos de manzanas.

1.7 Almacenamiento de la manzana

Para el cultivo de árboles frutales, no puede dejarse nada al azar, si no que hay que tomar muy en cuenta desde antes de su plantación, multitud de factores de índoles diversas y variadas, no sólo para el aspecto de la cosecha del fruto, sino también para el del almacenamiento, producción y comercialización.

Ya lo mencionamos que la manzana esta sometida a alteraciones fisiológicas; algunos de estos cambios pueden evitarse con unas condiciones adecuadas de almacenamiento pero otros solo pueden ser retardados³¹.

La elección del método de almacenamiento dependerá de la factibilidad económica, de la inversión y del beneficio que se desea obtener ⁴⁴. En el caso particular de la comercialización de la manzana lo que más eleva su valor, es su venta en fresco fuera de temporada, ya que es necesario incrementar su vida útil una vez que se han practicado de manera correcta las operaciones básicas. Además, es necesario considerar las características particulares de la manzana como: estado de madurez, susceptibilidad al daño por frío, resistencia mecánica, humedad relativa, producción de etileno ³¹.

Después de recolectada la manzana, queda separada de su fuente natural de nutrientes pero sus tejidos todavía respiran y desarrollan actividades metabólicas a expensas de los componentes que contienen, esta energía la obtiene de la oxidación de nutrientes ricos en energía, principalmente carbohidratos, pero también de otros sustratos como ácidos orgánicos contenidos en el fruto. Por lo común se utiliza oxígeno y se elimina bióxido de carbono a medida que estos constituyentes almacenados son empleados como fuente de

energía. Si este proceso, denominado respiración, puede ser más lento, las células pueden vivir más tiempo. En el almacén madura más lentamente y las pérdidas por respiración y transpiración son menores. La magnitud de la respiración se mide por el CO₂ desprendido por kilogramo de fruta y por hora¹⁰.

Las condiciones atmosféricas durante el año pueden aumentar o disminuir la estabilidad al almacenaje típico de la variedad. Como es para el caso de las manzanas de tamaño excesivo que debido al aclarado del racimo se desarrollan en exceso, se conservan relativamente mal y por eso no habría que almacenarlas durante mucho tiempo.

Una condición importante para que la fruta resista bien el almacenamiento es la elección del momento más idóneo para la cosecha. Los factores externos que más influyen en la conservación de la fruta son el frío, la oscuridad, la ventilación y la humedad.

Las técnicas que se vienen desarrollando para la conservación de la manzana persiguen, como último objetivo, ofrecer al consumidor un producto de calidad, lo más próximo posible en su aspecto y textura a los que ha sido recogido del árbol. Existen varios tipos de almacenamiento para la manzana fresca: temperatura ambiente, refrigerada con atmósferas controladas, refrigerado con atmósferas modificadas.

Un almacenamiento común es aquel que no se encuentra refrigerado pero que utiliza el aire exterior más frío, del otoño e invierno, para mantener las temperaturas en niveles aceptables. No es muy aconsejable ya que la manzana acelera sus procesos vitales con el calor y la luz¹⁶.

Los almacenamientos fríos se refrigeran mecánicamente para proveer un enfriamiento rápido del producto durante la carga y una temperatura adecuada de control durante el periodo de almacenamiento. Normalmente la cámara se va llenando en forma gradual para evitar la sobrecarga del equipo de refrigeración y para disminuir la temperatura del producto lo más pronto posible ³⁸.

Los tipos de atmósfera controlada (CA) que más se utilizan son los que contienen un 2-3% de oxígeno y el 3-5% de gas carbónico (CO₂). Las cámaras de atmósfera controlada presentan numerosas inconvenientes como el control de los niveles de gas carbónico, los costos de instalación resultan excesivos. En el apartado 3.1 se da una explicación más clara de este sistema de almacenamiento al igual de que se menciona la diferencia con el sistema de atmósfera modificada (MA).

La atmósfera modificada (MA) consiste en cambiar inicialmente la atmósfera gaseosa en el entorno del producto, permitiendo que las actividades del producto envasado ocasionen una variación del entorno gaseoso en las inmediaciones. La mayoría de los productos envasados con tecnología mantienen una cierta actividad respiratoria o contienen microorganismos metabólicamente activos. En el apartado 3.1 se da una explicación más clara de este sistema de almacenamiento al igual de que se menciona la diferencia con el sistema de atmósfera controlada.

Dichas actividades consumen el oxígeno presente en el aire produciendo dióxido de carbono y vapor de agua que cambian la atmósfera. El material de envasado y el propio envase permiten la difusión de oxígeno, dióxido de carbono y

vapor de agua, de modo que pueden producirse cambios adicionales en la atmósfera ³.

La ventilación también es imprescindible, porque ya se explicó que la atmósfera saturada por el gas etileno producido por la propia manzana almacenada acelera la maduración de ésta. La atmósfera puede modificarse colocando el fruto en una habitación completamente cerrada y manteniendo los niveles de oxígeno y gas carbónico dentro de ciertos límites durante el periodo de almacenamiento. Esto se consigue haciendo circular periódicamente el aire de la cámara a través de unos aparatos limpiadores (scrubbers), los cuales reducen el contenido de gas carbónico haciéndole pasar a través de cal o de carbonato potásico, o bien por absorbedores de carbón activo⁵.

Con este último sistema de almacenamiento, las manzanas pueden aumentar la vida útil, pero resulta ser más eficiente combinándolo con enfriamiento²¹ ya que por ejemplo, las manzanas Laxton's Superb pueden mantenerse durante 4-5 meses en almacenes refrigerados entre -1° y -0°C , mientras que pueden conservarse durante 6-7 meses en atmósferas con un 10% de CO_2 y un 2.5% de O_2 aunque la temperatura sea de 4.5°C ²⁵.

Modificando adecuadamente la composición de la atmósfera en la cámara de almacenamiento puede inhibirse parcialmente el proceso respiratorio y, por tanto, prolongarse la vida de la fruta. El empleo de condiciones incorrectas puede ocasionar daños a la fruta que perjudican a la calidad. El sistema de almacenamiento con atmósferas modificadas se verá con más detalle en el tercer apartado del presente trabajo.

Con esto se pretende propiciarle a la manzana mayor duración y seguridad en el almacenamiento ya que lo importante de utilizar un método adecuado es también evitar pérdida de peso, ya que una pérdida de peso del 2 al 3 % puede considerarse como un valor ideal, mientras que con pérdidas del 5 al 7% las manzanas pueden empezar a sufrir cambios fisiológicos como el de arrugarse.

Después de la disminución de la temperatura (enfriamiento) de los productos, el envasado en atmósferas modificadas, se considera que es el método más eficaz para prolongar la vida útil de los productos frescos y procesados mínimamente ⁴⁸.

A lo anterior sin embargo, se reconoce que el envasado en atmósferas modificadas no es un mecanismo de sustitución del propio control de la temperatura.

El transporte de la fruta, desde la zona de producción a la de consumo puede requerir un periodo de tiempo bastante considerable y por ello es muy conveniente, y en muchos casos realmente esenciales, también controlar las condiciones de transporte para reducir las pérdidas.

1.8 Variaciones en la composición de la manzana durante el almacenamiento.

Toda una serie de procesos bioquímicos, consecuencia del metabolismo de la manzana al madurar, tiene una importancia notable en la duración del periodo de conservación en los almacenes o en las cámaras frigoríficas.

Al principio del almacenamiento de las manzanas, hay un aumento de la proporción de sacarosa y de azúcares reductores, coincidiendo con la hidrólisis del almidón, después de un tiempo el contenido en azúcares apenas varía, mientras que la de sacarosa disminuye sensiblemente, las velocidades de dichas variaciones dependen del grado de madurez a que han sido recolectadas las manzanas. Durante el almacenamiento de las manzanas desaparece prácticamente todo el almidón que contienen en el momento de su recolección ⁵¹.

La textura de las manzanas al igual que el de las peras depende, en gran parte de las pectinas que contienen, las variaciones de consistencia son debido a la disminución del contenido en protopectina, sólo cuando se alcanza la sobre maduración disminuye sensiblemente la pectina total.

La disminución de la acidez de las manzanas durante el almacenamiento de debe a la pérdida de ácido málico, este junto con los azúcares, constituyen los principales sustratos en la respiración de las manzanas. El ácido cítrico, sin embargo aumenta.

Mientras que en cuanto a combinaciones nitrogenadas, el contenido en proteínas de las manzanas aumenta al comienzo del almacenamiento y después disminuye lentamente; se ha demostrado que durante el climaterio aumenta la actividad de algunas enzimas. Entre ellas podemos señalar el piruvato descarboxilasa, la lipoxidasa, la clorofilasa, la fosfatasa ácida y la ribonucleasa ⁵¹.

También se produce un aumento del contenido en ceras de la piel, en el caso de manzanas almacenadas a 4° y 15°C, el contenido máximo en ceras de la piel se alcanza en el momento del pico climatérico. La fracción correspondiente a cutina aumenta un 20% en el almacenamiento ⁵¹.

La pérdida de vitamina C de las manzanas depende de la temperatura de almacenamiento, a -0.5°C hay una pérdida del 30% del valor inicial, mientras que a 2.5°C la pérdida puede ser del 50%, en algunas variedades de manzanas la disminución del contenido en vitamina C no es uniforme, pudiendo aumentar al principio del almacenamiento y disminuir, de nuevo, al final del mismo. También se ha estudiado la variación de la vitamina B₁ y se ha comprobado que si bien al principio hay una disminución, posteriormente se produce un aumento notable, de forma que se alcanza y aun se sobrepasa el valor inicial. También se ha visto una disminución rápida de la clorofila de la piel y de la pulpa ⁴⁰.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ENVASES PARA ATMÓSFERAS MODIFICADAS PARA MANZANAS.

Para un consumidor, la fruta fresca envasada puede parecer simple, pero los envases para estos productos deben ser hechos a la medida, científicamente a conveniencia de las sutiles diferencias y necesidades de almacenamiento de cada producto en particular. Un *envase alimentario* debe contener, proteger y conservar de la mejor manera posible todas las cualidades del producto ya sean en estado fresco o desde que salen del lugar donde los producen, hasta que son consumidos y facilita su transporte, manipulación, almacenamiento y comercialización⁴⁵.

En consecuencia, el envasado de los alimentos implica tanto la técnica como la ciencia de preparación del producto para el almacenamiento, transporte y venta.

Actualmente las grandes cadenas de tiendas de alimentos manejan la mayor parte del comercio de frutas y hortalizas en fresco, estos son abastecidos por grandes centros de distribución cooperativos, hasta hace relativamente poco la mayor parte de los productos enviados al mercado de frescos eran empacados en cajas o canastas, y vendidos en masa al público ²⁸.

Debido a la variación en la preferencia de los consumidores y el tipo de embalaje disponible se ha producido un cambio en el sistema de distribución ²⁸. Además de ser un aspecto importante del envasado en atmósferas modificadas, el empaque actual para ese mercado va, desde colocar las manzanas en grandes recipientes que se llevan hasta el mercado al menudeo, hasta el uso de una gran variedad de envases para el consumidor, se puede usar como material de envase bolsas de polietileno, ya que se mete la fruta en bolsas de polietileno y estas a cajas, posteriormente se envuelven en películas de este mismo material. , también son usadas cajas de plástico con sobre envolturas, cajas y charolas de cartón.

Como se menciona, en el capítulo 1, la demanda de manzana fresca ha incrementado en los últimos años donde gran parte de estas se envasan a niveles de humedad relativa, oxígeno y dióxido de carbono que se encuentran modificados con respecto a los niveles del aire normal.

Gran parte del envase, empaque y embalaje se hace en la empacadora, pero algunos deben hacerse en el centro de distribución mayorista después de almacenado. El envasado de las manzanas se lleva a cabo de acuerdo con su calidad; la extra, la de primera, segunda, tercera y cuarta, cotizándose en el mercado a diferentes precios ³¹.

También se ha utilizado con éxito películas poliméricas perforadas, para reducir la pérdida de humedad de los productos durante el almacenamiento, transporte y exposición en los mercados. Dicha reducción en la pérdida de humedad se debe a la disminución de la magnitud de la diferencia del vapor de agua entre el producto y su ambiente inmediato dentro del envase.

La utilización de material de envasado polimérico para crear una atmósfera modificada alrededor de las distintas especialidades así como en los productos refrigerados puede alcanzar la consideración de conservación de la manzana y aumentar su vida útil ⁷.

Ciertamente, el envase polimérico, debe presentar una permeabilidad razonable al O₂ y CO₂ sin perforar y hermético ³, cumpliendo perfectamente las características seleccionadas de permeabilidad a los gases en unión con un enfriamiento/preparación y tratamiento sanitario apropiado en la fase de envasado, es la principal herramienta utilizada para lograr una vida útil adecuada tanto en las manzanas frescas como minimamente procesadas.

La *permeabilidad* se define como la transferencia de materia existente a través de la pared que constituye el material de embalaje ¹⁵.

Conviene observar que éstas pueden producirse tanto desde el interior hacia el exterior como del exterior hacia el interior. La diferencia de presión parcial del vapor de agua entre las dos caras (interna y externa) es, como hemos indicado en el supuesto teórico, el factor que controla la transferencia.

La selección y el diseño del envase para el envasado en atmósferas modificadas tienen gran interés ya que se trata de conseguir un equilibrio entre la velocidad de la respiración del producto envasado y la permeabilidad de la

película. Con ello se pretende obtener y mantener una atmósfera en aceptable equilibrio dentro del envase para que el envasado en atmósferas modificadas retarde la maduración / senescencia del fruto y así se incremente su vida útil.

Algunas de las funciones del envase para manzanas frescas son las siguientes ⁷.

- Permeabilidad adecuada de los gases y de la humedad.
- Compatibilidad y utilidad con el producto, incluyendo su posible preparación para el consumo, y adecuado coste.
- Tolerancia a las condiciones ambientales de almacenamiento rutinario sin excesivas pérdidas de funcionalidad.
- Conservar el contenido y prevenir o retardar, directa o indirectamente, la descomposición química o disminución de la calidad del producto envasado.
- Proteger al contenido de agentes biológicos, mecánicos y físicos externos durante el almacenamiento, transporte y comercialización.
- Proporcionar una aceptable apariencia, color, textura, diseño y posible etiquetado.

La degradación de la calidad de la manzana está principalmente asociada a la respiración y al establecimiento y progresión de la maduración como fruto climatérico, y a la eventual senescencia posterior de los tejidos, ya que la energía almacenada decae en el producto, también influye la pérdida de agua a través de la transpiración. La utilización de películas permeables para modificar la

concentración de la atmósfera gaseosa de un envase ofrece enormes posibilidades para aumentar la vida útil de la manzana.

El envasado en atmósferas modificadas de la manzana es un proceso dinámico en donde el envase cerrado interactúa con el producto envasado (normalmente bajo un cuidadoso control de la temperatura) para finalmente alcanzar un equilibrio en la atmósfera gaseosa interna que reducirá la velocidad de la respiración, la sensibilidad al etileno y la pérdida de humedad (por transpiración) así como aumentará la fase de latencia del desarrollo microbiano e incrementará el tiempo de generación de la microflora³³.

Por *embalaje* se entiende; al material o recipiente destinado a envolver o contener temporalmente productos previamente envasados o no, durante su manipulación, transporte y almacenamiento o presentación para la venta, con el fin de protegerlos y facilitar estas operaciones, además de que identifica su contenido²⁰.

Así el embalaje permite el agrupamiento de productos con formas distintas, en una forma geométrica homogénea, estable, sencilla, transportable y almacenable, cualquiera que sea la técnica elegida para asegurar la estabilidad de un alimento a lo largo del tiempo, una de las misiones fundamentales del embalaje es la de asegurar su mantenimiento hasta el momento de su consumo.

De esta forma el embalaje reduce el desperdicio por merma, magullamiento, descuido, maltrato y destrucción en general durante la recolección, almacenamiento, distribución, reparto y exhibición; es decir, durante todas las etapas del proceso de comercialización de la manzana en estado fresco¹⁷.

2.1 Características del cartón como material de empaque de manzana fresca.

El cartón como material de empaque para la manzana ha de tener propiedades de protección para los productos frescos, generalmente se compone de dos laminas lisas de cartón (que suelen tener mayor calidad y blanqueo y que son las que se ven) y una serie de láminas en forma ondulada que se encuentra entre las dos láminas lisas. El diseño estructural de una caja determina qué tan efectiva será está para poder competir con su medio y además llevar el producto intacto al consumidor. Entre las propiedades que debe cumplir el cartón como material de empaque son:

- La protección del producto de los daños ocasionados durante su almacenamiento, transporte y manejo.
- Poseer la suficiente rigidez; De tal modo que el empaque mantenga su forma original cuando se llene y apile.
- Poseer estabilidad frente a diferentes condiciones atmosféricas.
- Retener sus propiedades originales; Durante largos periodos de tiempo en el almacén y bajo toda clase de condiciones.
- Ser resistente a la fricción y abrasión.
- Disponer de una superficie adecuada para la impresión.
- Plegarse y doblarse bien sin quebrarse.
- Es económico.

Por su costo y eficiencia es el material de empaque y embalaje más usado, ya que además pueden lograrse buenas impresiones sobre sus caras, dependiendo de los materiales utilizados, dando de esta forma la posibilidad de desempeñar funciones no-solo de embalaje sino también de exhibidor ¹⁹.

La calidad y resistencia del cartón procede de la mayor cohesión de las fibras que lo componen. Como existen papeles de diferentes calidades y pesos para la confección de la capa ondulada y lisa de estos cartones, existen por tanto innumerables combinaciones y diferentes calidades de cajas. Las caras son generalmente de dos tipos:

- kraft, que es fibra virgen hecha de pino, es de la mejor materia prima para la fabricación del cartón corrugado que va de 120-180g/m².
- Caras fabricadas de fibras reprocesadas de otros contenedores.

El *cartón corrugado (ondulado)* se define como una estructura mecánica formada por la unión de varios papeles, hojas lisas o liners, unidas equidistantemente por uno o varios papeles ondulados ²⁰.

El cartón corrugado está compuesto por dos tipos de elementos estructurales: el liner también llamado caras y el material de flauta, también llamado médium, con el cual precisamente es formada la flauta, como se puede apreciar en la figura 2 que corresponde al corte transversal de un corrugado de pared sencilla, estos tipos de flauta así como la estructura del corrugado se asignan de acuerdo a la utilización que se le dará a la caja y por supuesto al tipo de producto que contendrá.

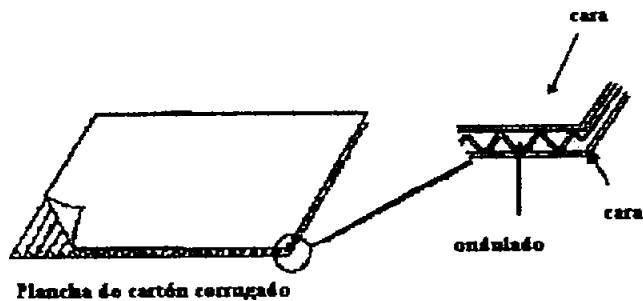


Fig. 2 Estructura del cartón corrugado.

Cervera, 1998 ²⁰.

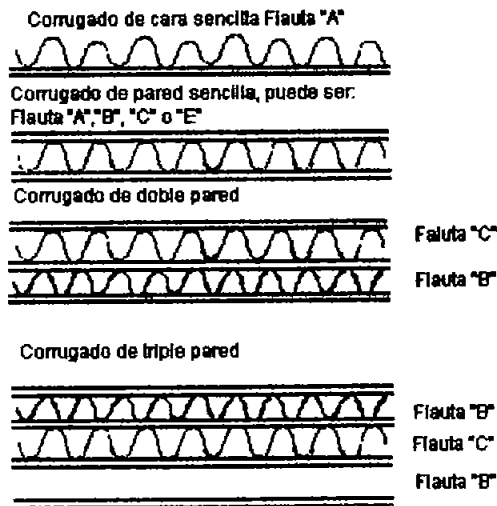


Fig. 3 Tipos de corrugados según su estructura

Torres, 1996 ⁴⁸.

La estructura ondulada (flauta) es determinada en función de la aplicación que se dará al corrugado, teniendo básicamente cuatro tipos de flauta. La

estructura del corrugado así como el tipo de flauta se asigna de acuerdo a la utilización que se le dará a la caja y por supuesto al tipo de producto que contendrá ⁴⁶. En la figura 3 se ejemplifica los diferentes tipos de corrugados según su estructura en la cual el cartón corrugado se puede fabricar.

En la figura 4, se detallan gráficamente tipos y dimensiones de las flautas que son usadas en el ámbito comercial, existen cuatro tipos A,B,C y E .

NOMBRE Y TIPO	FLAUTAS POR (m)	GROSOR (mm)
Flauta "A"	118	5.0
Flauta "B"	167	3.0
Flauta "C"	138	4.0
Flauta "E (microcorrugado)"	315	1.6

Fig. 4 Tamaño de flautas en corrugados.

Vidales ⁴⁷, 1995.

Por las razones antes expuesta y sobre la base de la experiencia, recomiendan el cartón corrugado (ondulado) de pared sencilla como material de empaque para la manzana fresca, de una sola pieza, con diseño de tipo ranurado regular ver figura 5, generalmente de flauta tipo A y tipo B, considerando la dirección de la flauta para el caso de tipo A en sentido vertical ya que en comparación con la de sentido Horizontal es 20% más resistente y para el caso de

tipo B se recomienda en sentido horizontal por presentar 20% más de resistencia que la de tipo vertical ⁴⁷.

La importancia del cartón como material de empaque para manzana se haya muy ligado a la importancia tener un material (barrera física) que dificulte el movimiento del aire en torno al producto en el almacenamiento del mismo, para así evitar pérdida de agua ofreciendo un efecto beneficioso.

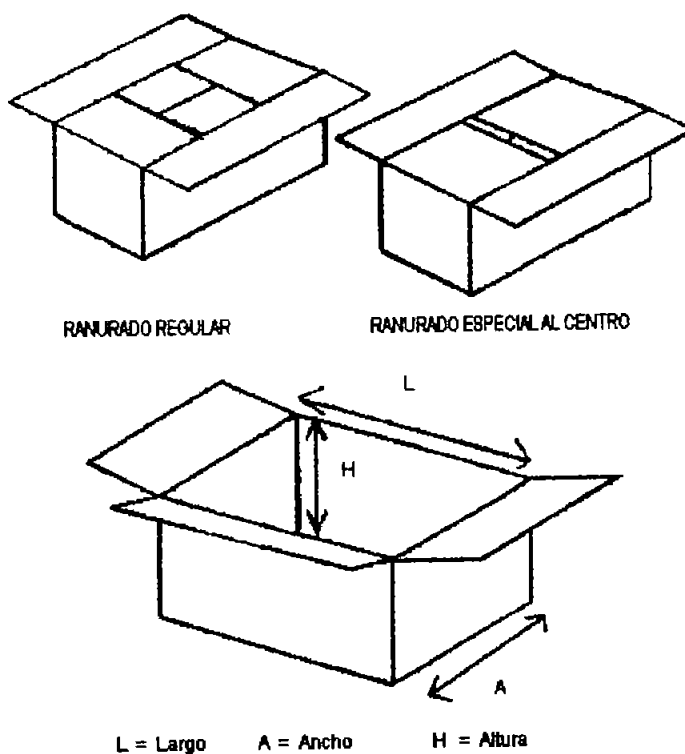


Fig. 5 Diseño de caja de cartón corrugado tipo ranurado regular, y sus dimensiones aptas para manzana fresca.

Torres, 1998 ⁴⁶.

La caja de unión, se une ya sea por adhesivo o engrapada, esta última es la más recomendable ya que se utiliza cuando se carga un peso excesivo como para el caso de las manzanas que son cajas con capacidad aproximada para 5, 10 a 15 Kg.

Las dimensiones obtenidas serán las dimensiones internas de la caja expresadas en largo, ancho y alto o profundo, considerando tolerancias para conocer las dimensiones exteriores, generalmente los fabricantes proponen tolerancias de ± 2 mm ⁴⁶, es de relativo bajo peso, las dos solapas que funcionan como tapas tienen un perfil que permiten ver los frutos aunque esté cerrada, permitiendo ampliamente la circulación del aire por medio de la abertura existente entre sus dos tapas, por medio de sus perforaciones circulares y en algunos casos de ranuras laterales ⁵⁰. Su coste es bajo y se puede adaptar con facilidad sola o en compañía de otros elementos.

La superficie de los cartones puede modificarse aplicándoles diversos materiales de recubrimiento que le confieren características especiales, como por ejemplo, impermeabilidad al agua, resistencia a la abrasión, impermeabilidad al vapor de agua, brillo y mejores características para la impresión. Para ello pueden emplearse materiales plásticos o ceras ⁴⁷.

Este aspecto puede ser importante cuando se usa en el almacenamiento humedades relativas muy elevadas, debido a que el cartón, en presencia de humedad tiende a cambiar sus propiedades mecánicas, principalmente la rigidez, se evita con esto el fenómeno de histéresis que es cuando el cartón se encuentra en fase de pérdida (evaporación) o de adsorción de humedad ²⁰.

A veces incluso pueden impregnarse con sustancias que evitan el crecimiento de los mohos en la fruta.

Para que la ventilación sea más efectiva en este tipo de cajas debe cuidarse que las perforaciones de la base estén perfectamente alineadas con las de la tapa, y lo mismo debe lograrse con las perforaciones de las paredes laterales, es decir, deben coincidir las perforaciones de un embalaje con las de los embalajes vecinos de arriba, de abajo y de los costados durante estiba⁵⁰, de esta manera el aire que entra por los embalajes situados en las orillas al estar estibados sobre la tarima puede circular también por los ubicados en el centro.

Las caras o liners realizan una aportación importante a la resistencia del cartón ondulado y por tanto a la del envase o embalaje, a través de:

- Rigidez a la flexión
- Estallido
- Desgarro
- Resistencia al apilado, así como su capacidad expositora e informativa

En el cuadro 3 se pueden apreciar una relación entre las principales exigencias y propiedades mecánicas con que debe cumplir el cartón como material de empaque para las manzanas frescas. En cuanto a apilamiento se refiere a resistencia a la compresión vertical²⁰. Resistencia al reventamiento, se refiere a las presiones internas que pueden ser muy grandes debido a impactos o caídas⁴⁷. Aplastamiento, esta característica no concierne más que al ondulado, cuya función es mantener de forma constante las dos caras equidistantes⁴⁶.

Choques y golpes, factores que influyen durante la manipulación y el almacenamiento ²⁰.

Dentro de las propiedades físicas debemos tener en cuenta las condiciones climáticas ya que el cartón es sensible a la humedad, también la fatiga que es cuando el empaque de cartón en función de su tiempo de almacenaje y de las condiciones climáticas, produce una variación de su resistencia a la compresión vertical.

CUADRO 3: Principales propiedades mecánicas con que debe cumplir el cartón como material de empaque para la manzana fresca.

PROPIEDADES MECÁNICAS
Deformación
Flexión
Aplastamiento al canto
Apilamiento
Resistencia al reventamiento
Aplastamiento
Choques y golpes

Cervera, 1998²⁰.

2.2 Características de los plásticos como material de envase.

La utilización de películas permeables para modificar la concentración de la atmósfera gaseosa de un envase ofrece enormes posibilidades para aumentar la vida útil de los productos ³.

El número de polímeros utilizados o utilizables para el embalaje de los alimentos es ya muy importante, debido a que este es considerado ligero, manejable, moldeable, resistente, económico ⁴².

Cuando se habla de *películas*, generalmente se refiere a materiales plásticos presentados en grosores que no excedan de 10 μ o sea 0.01 in (0.254 mm), ya que los grosores mayores se les conoce como hojas ³⁰.

El uso de los plásticos se ha disparado en las últimas décadas, la producción y el uso de los envases de tal manera que se puede afirmar que el envase de plástico se caracteriza por su versatilidad en el diseño; diferentes grados de transparencia, variedad en su consistencia, en sus colores y tonos, en su tamaño y textura, en su tipo y grado de barrera, en sus propiedades y en sus procesos ofreciendo una rica gama de alternativas para encontrar soluciones concretas a los problemas específicos de envasado ⁴².

Plástico; en un sentido amplio, son materiales orgánicos, constituidos por macromoléculas y producidos por transformación de sustancias naturales, o por síntesis directa, a partir de productos extraídos del petróleo, del gas natural, del carbón o de otras sustancias minerales ²⁰.

Las principales ventajas de los plásticos como material de empaque o embalaje, son su ligereza, el bajo volumen, el menor precio y algunas veces, la transparencia.

Son muchos los materiales plásticos de envase; cada uno con diferentes propiedades y características de resistencia, barrera y sellado, de tal forma que se pueden seleccionar combinaciones para diseñar un envase a la medida que satisfaga plenamente los requerimientos específicos de contención, conservación,

protección, vida de anaquel y presentación de cada producto. Siempre hay que definirlo en función del producto a acondicionar, de las tecnologías de conservación utilizadas, de la vida comercial deseada y de las condiciones de almacenamiento, transporte y distribución ¹⁶.

Es indispensable tener siempre presente que es el producto, en el sentido amplio del término, el que nos permite determinar las características del material a utilizar. Por tanto, tenemos que operar de una forma lógica:

- Definir lo que queremos proteger y contra quien
- Definir un tiempo de conservación óptimo, recordando que la evolución del alimento comienza desde el cierre del embalaje y que ésta no debe ser percibida por el consumidor antes del período fijado.

Los plásticos destinados a la conservación en atmósfera modificada están constituidos por diferentes compuestos, como agente de barrera a los gases:

- Polietileno (PE)
- Cloruro de polivinilideno (PCdC)
- Alcohol vinil de etileno (EVOH)

La influencia de diversos factores como naturaleza del polímero, naturaleza del gas (dimensiones, configuración, polaridad), temperatura y presión, influyen en la permeabilidad de las películas plásticas.

Los cambios en la permeabilidad como consecuencia de la modificación de la temperatura pueden ser suficiente para modificar la atmósfera del envase, por lo

tanto, parece que la elección de un tipo de película no sólo determina la permeabilidad a una temperatura definida, sino también la capacidad de adaptación a los cambios de temperatura ³⁰.

En el caso de alimentos, como las frutas, para mantener una buena calidad organoléptica durante periodos de almacenamiento, como se mencionó en el capítulo 1, se necesita que el material de embalaje tenga una cierta permeabilidad frente al oxígeno y gas carbónico; tan sólo se exige una relativa impermeabilidad frente al agua y vapor de agua y por esta causa son muy apropiados y utilizados frecuentemente, materiales tales como el polietileno e incluso el celofán ²².

2.3 Propiedades de barrera de las películas plásticas.

No hay que olvidar que cada material de embalaje tiene, además de cualidades y defectos, unas características que nos van a permitir conocerlo, apreciarlo y utilizarlo para obtener los resultados deseados, a saber, conservar el alimento hasta el momento de su consumo, sin riesgo de degradación de sus cualidades iniciales.

Para el acondicionamiento de la manzana fresca con el objeto de mantener a lo largo del tiempo la composición de la mezcla gaseosa en contacto con el producto, es necesario utilizar un material plástico que asegure las siguientes propiedades:

- Propiedades como barrera: debido al empleo de mezclas gaseosas, la barrera al oxígeno O₂ no es en absoluto una cualidad suficiente: la



película también deberá constituir una excelente barrera para el nitrógeno y el anhídrido carbónico (la tasa de transmisión de la mayoría de los materiales es de 3 a 5 veces superior para este segundo gas que para el oxígeno) ³².

- Tasa de transmisión del vapor de agua: debe permanecer baja, con objeto de evitar las pérdidas de peso ³¹.
- Perfecta termosellabilidad; el mantenimiento de la mezcla gaseosa en el interior del embalaje presupone soldaduras impermeables, sin micro fugas ¹³.
- Perfecta resistencia mecánica; por ejemplo, resistencia al desgarramiento ¹⁸.
- Perfecta resistencia a la penetración de microorganismos ².
- Capacidad para responder a las necesidades del marketing y la comercialización.
- Perfecta estabilidad a lo largo del tiempo (conservación de todas las propiedades del material).

Las características de permeación de una película plástica dada son aproximadamente proporcionales al espesor de la misma. La difusión de gases tales como oxígeno y dióxido de carbono dependen del tamaño, forma y polaridad de las moléculas que integran la película y por otra parte de la cristalinidad, grado de entrecruzamiento y movimiento segmental del polímero en la matriz de la película ²⁴.

2.3.1 Permeabilidad al vapor de agua.

El envase actúa como barrera al movimiento de vapor de agua y de los gases como oxígeno y dióxido de carbono, entre otros, y pueden llegar a mantener una humedad relativa alta, con la cual las frutas y hortalizas envasadas mantienen su turgencia. Sin embargo la conservación de valores muy altos de humedad relativa puede provocar la condensación de la humedad sobre el producto, creando también las condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos³¹.

Debe de haber un equilibrio de la presión de vapor de agua entre el producto y la atmósfera que lo rodea, delimitada por el material de embalaje⁴⁵.

La permeabilidad de las películas plásticas al vapor de agua resulta mayor a medida que desciende la cristalinidad del polímero. Algunas películas son muy poco permeables al vapor de agua²².

Algunos materiales, como las películas de polietileno, pueden considerarse como barreras relativamente buenas contra el vapor de agua, dado que la velocidad de transferencia de este a través es relativamente baja comparada con la de otros polímeros.

2.3.2 Permeabilidad al O₂/CO₂

La permeabilidad de las materias plásticas a los gases, tales como el vapor de agua o el oxígeno, constituye una de las características más importantes desde el punto de vista de su empleo para envasar alimentos¹⁴.

El paso de los gases a través de una película tiene analogías a los fenómenos de difusión: difusión a través de eventuales micro poros, influenciada por el tamaño de las moléculas de gas y por la sección disponible de los poros; sobre todo difusión a través de la masa, es decir, en los espacios intermoleculares de las zonas amorfas³. Esta difusión es una transferencia de masa, cuya fuerza activa es la diferencia de concentración de gas a los dos lados de la membrana plástica. Pueden añadirse a la difusión en la masa fenómenos de adsorción sobre la membrana (por afinidad química o solubilidad), desorción.

En la respiración de los tejidos de la manzana fresca se utilizan considerables tasas de oxígeno, de ahí que las películas adecuadas para productos frescos necesiten un coeficiente de permeabilidad al O₂ relativamente alto a fin de evitar la formación de una atmósfera dentro del paquete. La difusión de gases tales como oxígeno y dióxido de carbono dependen del tamaño, forma y polaridad de las moléculas que integran la película y por otra parte la cristalinidad, grado de entrecruzamiento⁴⁶.

En el cuadro 5, se muestran las velocidades de transmisión a los gases de diferentes películas poliméricas que pueden seleccionarse para envasado en atmósferas modificadas de frutas frescas⁴⁵. Las diferencias que se presentan en el polietileno, son el resultado de diferentes procesos con el cual fue producido el polímero, como podríamos mencionar, la copolimerización de un monómero de etileno con un monómero de octeno da origen a un polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) o ya sea por polimerización a baja o alta presión del etileno, además de conferir propiedades físicas diferentes¹².

Es importante que las películas utilizadas en el envasado en atmósferas modificadas de manzana fresca tengan una relación de permeabilidad de CO_2 a O_2 relativamente alta pero baja al vapor de agua, de esta forma se permite que disminuya la concentración de O_2 sin que sea excesiva la acumulación de CO_2 dentro del envase ³³.

El aumento de la temperatura provoca un aumento de la velocidad de respiración del alimento como de la permeabilidad del material del envase ²³.

Como envases de frutas y hortalizas frescas se han utilizado diferentes películas plásticas que incluyen las enlistadas en el cuadro 4, donde cabe señalar, que el PVDC es una película de cloruro de polivinilideno que se considera buena barrera frente a los gases y la humedad y se incluye en contraste con otras películas que son barreras mucho más débiles frente a los gases, PVDC no puede utilizarse en envasado en atmósferas modificadas de productos frescos debido a las bajas concentraciones de O_2 y altas de CO_2 generadas en la atmósfera dentro del envase, esto es, por su muy baja permeabilidad al O_2 y CO_2 ¹⁵.

CUADRO 4 Características de permeabilidad de diferentes películas de posible utilización en envasado en atmósferas modificadas de frutos frescos y mínimamente procesadas.

Tipo de película	Velocidades de transmisión ^{ab}		
	O ₂	CO ₂	Vapor de agua
Poliétileno baja densidad (LDPE)	3.900-13.000	7.700-77.000	6-23,2
Poliétileno baja densidad Lineal (LLDPE)	7000-9300	-	16-31
Poliétileno media-densidad (MDPE)	2.600-8.293	7.700-38.750	8-15
poliétileno alta densidad (HDPE)	520-4.000	3.900-10.000	4-10
Polipropileno (PP)	1.300-6.400	7.700-21.000	4-10,8
Cloruro de polivinilo (PVC)	620-2.248	4.263-8.138	
Cloruro de polivinilo Plastificado (PVC)	77-7.500	770-55.000	>8
Poliestireno (PS)	2.000-7.700	10.000-26.000	108,5-155
Copo límero acetato de Vinilétileno (12%VA)	8.000-13.000	35.000-53.000	60
Cloruro de polivinilideno (PVDC)	8-26	59	1,5-5

WILEY, 1997⁴⁹

^a las velocidades de transmisión del O₂ y CO₂ se expresan en cm³ m⁻² día⁻¹ a 1 atmósfera de presión diferencial para película de 0.0254 mm de grosor a 22-25°C en diferentes HR o en HR sin especificar.

^b Las velocidades de transmisión del vapor de H₂O se expresan en g m⁻² día⁻¹ a 37.8°C y 90% HR

Si la manzana se cierra en una película con excesiva permeabilidad, se producirá poca o ninguna modificación de la atmósfera en el interior del envase, además las pérdidas de humedad podrían provocar el marchitamiento y pérdida indeseable de la frescura y por lo tanto los materiales plásticos altamente permeables son inadecuados para el envasado de los productos frutos frescos³⁹.

La permeabilidad a los gases y vapor de agua de los polímeros que se muestran en el cuadro 4 para envasado en atmósferas modificadas muestran diferencias sustanciales, la relación de permeabilidad del O₂ respecto del CO₂ requerida para modificar dentro de este la atmósfera de manzana fresca, solo es cubierta por la película de polietileno baja densidad^{15,22}.

Por lo general, la permeabilidad de una película plástica frente al oxígeno, al nitrógeno o al dióxido de carbono, no se modifica por la presencia de alguno de estos gases o de dos a la vez, por el contrario la permeabilidad de una película plástica frente a un gas resulta fuertemente aumentada por la presencia de vapor de agua.

2.4 Propiedades del polietileno de baja densidad.

Los procesos mediante el cual es elaborado el polímero de polietileno, dan como resultado varias formas del polímero (de baja densidad, de baja densidad lineal y de alta densidad, etc.), cada uno con características muy diferentes de comportamiento y cualidades propias muy versátiles, con las que se han ganado un sin fin de usos, particularmente en forma de películas²⁹.

El polietileno de baja densidad es producido a alta presión tiene una densidad de aproximadamente 57.1-57.7 lb/ft³ (0.915 a 0.925 g/cm³) densidad poco más baja que la de polietileno de densidad media (medium density polyethylene, MDPE) de hasta aproximadamente 58.3 lb/ft³ (0.935 g/cm³) ya que se sabe que a medida que aumenta la densidad la permeabilidad decrece, al igual que disminuye la flexibilidad de la película.

Las características relativas a las principales ventajas comerciales del polietileno baja densidad (LDPE) inclusive frente a polímeros de la misma familia son; su excelente procesabilidad, excelentes propiedades ópticas y flexibilidad.

Las principales aplicaciones de las películas de polietileno baja densidad incluyen las bolsas para pan, el plástico estirable para envoltura, las bolsas para empacados, además en comparación con otros polímeros pueden sobresalir en el uso también como material de envase de fruta fresca por sus propiedades de permeabilidad de gases además de presentar una absorción de agua en 24 horas <0.01% propiedad muy importante para evitar pérdida de peso de la manzana fresca¹³.

Se puede afirmar que a temperatura de 1° - 4° C presenta un gran potencial de conservación ya que ayuda a prolongar el periodo de conservación de la manzana.

El polietileno representa más o menos un tercio de todo el envase plástico del mundo²⁹. La película de polietileno baja densidad (por sus siglas en ingles low density polyethylene LDPE) es flexible y transparente y presenta buen brillo, que tiene como principales funciones como material de envase en la manzana fresca barrera contra gases como oxígeno, dióxido de carbono e impermeabilidad a la

humedad, apropiadas, como se puede apreciar en el cuadro 5, empleando bolsas con una relación superficie / volumen para facilitar una mayor entrada de oxígeno y evitar la respiración que se produce dentro del envase.

Entre los varios tipos de polietileno utilizados, las películas más exitosas han sido la de material delgado (10 μ m) de baja densidad. Los polímeros pueden aplicarse sobre la fruta, contraerse térmicamente con aire caliente y sellarse, para disminuir el volumen libre del envase y promover un ajuste cercano entre este y el alimento. Alternativamente, se puede ajustar el envase a la fruta estirando el polímero antes de aplicarlo sobre la fruta y sellarlo, pero este procedimiento no es tan popular como el anterior. La formación de una película gaseosa saturada con agua alrededor de los vegetales permite minimizar la deshidratación de éstos, reduciendo el daño por frío y el desarrollo de la senescencia de los tejidos ²³.

3. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERA MODIFICADA PARA MANZANA.

La preservación de alimentos por medio de la modificación de la atmósfera que los rodea ha demostrado ser una buena alternativa y/o complemento a la refrigeración ²¹. Esta tecnología ha despertado mayor interés en los últimos años debido al aumento de la demanda de "productos frescos", al avance en el conocimiento de la ciencia de los alimentos y al avance de la industria de los plásticos ⁴⁴.

Como es para el caso de largo plazo de almacenaje de manzanas, obteniéndose mediante este sistema, fruta de óptima calidad almacenada por varios meses, cuando se reduce la concentración de etileno en el interior del envase del polímero de polietileno de baja densidad, generan una atmósfera compuesta por 2-5% de oxígeno y 5-7% de dióxido de carbono, que mantienen a la fruta en condiciones de comercialización durante 4-5 meses ³⁵.

A lo largo de este trabajo se ha señalado que la calidad de la manzana fresca depende primeramente de la selección y del manejo cuidadoso de este fruto una vez cosechado. Las medidas; como la cosecha durante la madurez óptima, la disminución de los daños durante el manejo, la reducción de interacciones microbianas con una sanitización adecuada y un mantenimiento óptimo de temperatura y de humedad relativa, son importantes para preservar la calidad poscosecha. Una vez que estos requerimientos se han realizado para mantener la calidad del producto se puede llevar a cabo la modificación de la atmósfera que lo rodea para extender su vida de anaquel.

Generalmente las condiciones de la atmósfera inicial se establecen por un periodo transitorio y el intercambio fisiológico del fruto y el ambiente físico manteniendo así las condiciones dentro de amplios límites.

Se sabe que la masa del producto, su estado de madurez, la temperatura, las presiones parciales de O_2/CO_2 , los niveles de etileno y la intensidad de luz influyen en la respiración neta del producto envasado, mientras que en cuanto al

de O₂ y CO₂ a través de la película plástica que forma el envase, afectan a la permeabilidad⁹.

Se debe evitar variabilidad en el sellado de la bolsa, que sea este defectuoso o incorrecto, también posibles perforaciones, para evitar que se presente una atmósfera de una composición similar a la del aire, siendo que puede provocar según se han demostrado quemaduras en manzanas "Granny Smith" y un mayor grado de alteración en las variedades "Delicious" y "Jonathan", presentando respuesta similar en manzanas "Grimes Golden"².

El sistema de cerrado preferido es el termo sellado. Este sistema suele dar menor problema, en lo referente a la variabilidad de la atmósfera, que los métodos de cierre mecánicos y los de cierre con adhesivos.

3.1 Definiciones

Históricamente las atmósferas que rodean al producto se han alterado en el almacenamiento con *atmósfera controlada* (CA, por sus siglas en inglés), donde los niveles de gases se monitorean y ajustan continuamente para mantener las concentraciones óptimas²¹. Este alto grado de regulación atmosférica relacionado con la atmósfera controlada es muy caro para operar, ya que se requieren cámaras herméticas de almacenamiento, contar con un sistema para la modificación activa de la atmósfera por adición o remoción selectiva de uno o más gases, además de contar con un sistema de circulación del gas atmosférico y sensores para determinar la composición de este, por lo que es más conveniente para productos que son tratados por periodos más largos⁵².

Como es para el caso de largo plazo de almacenaje de manzanas, obteniéndose mediante este sistema, fruta de óptima calidad almacenada por varios meses, cuando se reduce la concentración de etileno en el interior del envase del polímero de polietileno de baja densidad, generan una atmósfera compuesta por 2-5% de oxígeno y 5-7% de dióxido de carbono, que mantienen a la fruta en condiciones de comercialización durante 4-5 meses ³⁵.

A lo largo de este trabajo se ha señalado que la calidad de la manzana fresca depende primeramente de la selección y del manejo cuidadoso de este fruto una vez cosechado. Las medidas; como la cosecha durante la madurez óptima, la disminución de los daños durante el manejo, la reducción de interacciones microbianas con una sanitización adecuada y un mantenimiento óptimo de temperatura y de humedad relativa, son importantes para preservar la calidad poscosecha. Una vez que estos requerimientos se han realizado para mantener la calidad del producto se puede llevar a cabo la modificación de la atmósfera que lo rodea para extender su vida de anaquel.

Generalmente las condiciones de la atmósfera inicial se establecen por un período transitorio y el intercambio fisiológico del fruto y el ambiente físico manteniendo así las condiciones dentro de amplios límites.

Se sabe que la masa del producto, su estado de madurez, la temperatura, las presiones parciales de O_2/CO_2 , los niveles de etileno y la intensidad de luz afectan a la respiración neta del producto envasado, mientras que en cuanto al material de envasado LDPE (polietileno de baja densidad), su grosor y área, así como la temperatura, humedad relativa y los gradientes de las presiones parciales

de O₂ y CO₂ a través de la película plástica que forma el envase, afectan a la permeabilidad⁹.

Se debe evitar variabilidad en el sellado de la bolsa, que sea este defectuoso o incorrecto, también posibles perforaciones, para evitar que se presente una atmósfera de una composición similar a la del aire, siendo que puede provocar según se han demostrado quemaduras en manzanas "Granny Smith" y un mayor grado de alteración en las variedades "Delicious" y "Jonathan", presentando respuesta similar en manzanas "Grimes Golden"².

El sistema de cerrado preferido es el termo sellado. Este sistema suele dar menor problema, en lo referente a la variabilidad de la atmósfera, que los métodos de cierre mecánicos y los de cierre con adhesivos.

3.1 Definiciones

Históricamente las atmósferas que rodean al producto se han alterado en el almacenamiento con *atmósfera controlada* (CA, por sus siglas en inglés), donde los niveles de gases se monitorean y ajustan continuamente para mantener las concentraciones óptimas²¹. Este alto grado de regulación atmosférica relacionado con la atmósfera controlada es muy caro para operar, ya que se requieren cámaras herméticas de almacenamiento, contar con un sistema para la modificación activa de la atmósfera por adición o remoción selectiva de uno o más gases, además de contar con un sistema de circulación del gas atmosférico y sensores para determinar la composición de este, por lo que es más conveniente para productos que son tratados por periodos más largos⁵².

Esta parte es la que hace la diferencia entre atmósfera controlada y atmósfera modificada donde en atmósfera controlada la concentración de los distintos gases se monitorea regularmente y se mantiene dentro de los estrechos límites prefijados, mientras que en atmósfera modificada la concentración final de los gases es estimada, pero no se monitorea ni se interviene a lo largo del tiempo para modificar o corregir la atmósfera ²¹.

La atmósfera controlada comprende generalmente a la tecnología que se aplica en el almacenamiento durante el cual se asegura una atmósfera constante independientemente de las actividades respiratorias del producto, intercambios de gases a través de fugas, etc¹.

Se ha empleado durante unos sesenta años para almacenamiento de fruta en grandes cámaras herméticas, en las que se pueden controlar los niveles de oxígeno y dióxido de carbono. Más recientemente, se ha utilizado con éxito para incrementar la vida útil de canales frescas de aves, almacenadas en grandes cantidades.

El *envasado en atmósfera modificada* se define como; método de empaquetamiento que implica la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por un gas, o mezcla de gases; la mezcla de gases a emplear depende del tipo de producto ³⁹.

La atmósfera gaseosa cambia continuamente durante todo el periodo de almacenamiento, por la influencia de diferentes factores, como respiración del producto envasado, cambios bioquímicos, y la lenta difusión de los gases a través del envase ³⁹.

Si se permite que el producto y el envase interactúen normalmente, la atmósfera gaseosa se modificará en relación con la inicial y de aquí el término de atmósfera modificada, con esto lograr mejorar las perspectivas del almacenamiento logrando reducir la actividad respiratoria y la producción de etileno, trayendo como consecuencia que se retrase la maduración y/o la senescencia, factores importantes contemplados en este trabajo.

3.2 Gases empleados en el envasado para manzana con atmósferas modificadas.

Los tres gases principales usados comercialmente en el método de atmósfera modificada, son oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono. Cada uno de ellos y su concentración, deben ser aplicados a la medida individualmente³⁸.

Como se ha venido mencionando a lo largo del presente trabajo las frutas climatéricas continúan respirando después de la recolección, consumen oxígeno y producen dióxido de carbono y vapor de agua, por lo que es esperable que la concentración de estos elementos en la atmósfera que rodea a la célula tenga un efecto directo sobre la tasa respiratoria. Si las características de respiración de la fruta pueden equilibrarse exactamente a la permeabilidad de la película plástica empleada como envase; en el interior del envase se podrá crear, de forma pasiva, una atmósfera modificada favorable, cuando se establece la concentración de equilibrio de oxígeno y dióxido de carbono³⁹.

La actividad respiratoria natural de la manzana reduce el contenido de oxígeno e incrementa el dióxido de carbono en las zonas de almacenamiento, suficientemente para reducir de forma sensible la respiración, las manzanas y peras conservadas de este modo pueden consumirse hasta seis meses después de la recolección, casi el doble de vida útil que en almacenamiento refrigerado normal.

El concepto básico del envasado de alimentos frescos en atmósferas modificadas es la sustitución en el envase, del aire que rodea al alimento, con una mezcla de gases, en proporción diferente a la del aire⁴⁴.

3.2.1. Concentraciones de O₂

Probablemente el oxígeno es el gas más importante en éste contexto, siendo utilizado por los tejidos vegetales, y participa en algunas reacciones enzimáticas en los alimentos, incluyendo en compuestos sensibles como vitaminas y aromas. Por esta razón en el envasado en atmósfera modificada, se reduce hasta niveles bajos³⁹.

El oxígeno es el principal gas responsable del deterioro de los alimentos, ya que es necesario para algunas reacciones tanto químicas como enzimáticas, que tiene lugar el fruto tras su recolección. Su reducción o eliminación reduce la velocidad de los procesos metabólicos⁴³.

Las condiciones de una baja concentración de oxígeno y un elevado contenido de dióxido de carbono dentro del envase, preservan la calidad de la

manzana fresca. Normalmente se requiere una concentración de 2-5% de oxígeno.

Aquí la importancia de permeabilidad del polímero de polietileno de baja densidad ya que si el producto está bien cerrado los niveles de oxígeno en el interior del paquete, podrían descender a concentraciones muy bajas en las que se podría iniciar la respiración anaerobia provocando anaerobiosis que no es más que acumulación de etanol, acetaldehído y ácidos orgánicos, normalmente se asocia con olores y sabores y con una marcada degradación en la calidad de la manzana fresca.

Generalmente hablando, la intensidad de respiración se valora por la rapidez con que se producen los cambios químicos en el material vegetal, y por lo tanto indica la vida útil potencial de las frutas³⁹.

El sistema de envasado que requiere por abajo del contenido de oxígeno de la manzana, se emplea con más frecuencia para los productos blandos de panadería³.

3.2.2 Concentraciones de CO₂.

La respiración es un fenómeno bioquímico muy complejo según el cual los carbohidratos, ácidos orgánicos y otras fuentes de energía son metabolizados en moléculas más simples con producción de calor. Los productos de la respiración aerobia son el dióxido de carbono (CO₂) entre 5-7% y vapor de agua. El dióxido de carbono se difunde a través de la película plástica de envasado por encima de 30 veces más rápidamente que cualquiera de los otros gases empleado para el

envasado de productos alimenticios. El enriquecimiento en CO₂ es consecuencia por tanto natural del desarrollo de la respiración cuando la fruta fresca se almacena en un envase herméticamente cerrado.

El dióxido de carbono ejerce un fuerte efecto inhibitor sobre el crecimiento bacteriano, el efecto inhibitor del dióxido de carbono se incrementa a baja temperaturas debido al aumento de su solubilidad (179.9ml/100 ml de agua a 0°C)³⁹.

3.3 Requerimientos para el envasado de manzana fresca con atmósfera modificada.

La utilización de un sistema de envasado apropiado contribuye a una buena conservación de los productos frescos, siempre y cuando sean respetadas ciertas medidas higiénicas junto con la utilización de las bajas temperaturas (1° - 4°C) durante su almacenamiento. Ya que los cambios respiratorios del producto, provocados por la modificación de la temperatura, pueden modificar las concentraciones de gases en equilibrio en el interior del envase, así como el tiempo necesario para lograrlo.

La permeabilidad de la película de polietileno también depende de la temperatura de almacenamiento ⁴⁹.

La elección del material de envoltura es una parte extremadamente importante de la operación de envasado en atmósfera modificada

La influencia de la temperatura en la respiración de la manzana fresca envasada depende del propio producto y del intervalo de temperaturas, los productos hortofrutícolas respiran de 6 a 8 veces más a 20°C que a 0°C ³⁸.

Otro aspecto importante a considerar, es reducir pérdidas de humedad mediante la disminución de la temperatura, incremento de la humedad relativa (HR) y reducción del movimiento del aire, por lo que se resalta la importancia del material plástico utilizado en el envasado de productos frescos en atmósferas modificadas es buena barrera al vapor de agua relativamente buenas y es capaz de mantener una humedad óptima en el interior del empaque.

Una cámara de conservación bajo condiciones de atmósfera modificada, debe ser una cámara frigorífica muy bien diseñada, con un excelente sistema de refrigeración, aislamiento adecuado, un sistema eficiente de distribución de atmósfera interna a través de los productos conservados.

En cuanto al tamaño de la cámara, no hay datos específicos, pero se puede fijar el tamaño atendiendo a la fruta que se puede vender en un periodo de 4 a 6 meses.

La utilización de atmósferas modificadas debe considerarse, no obstante, como complemento a un adecuado manejo de la temperatura y humedad relativa y conservación frigorífica.

CUADRO 5 Lista de requerimientos y recomendaciones para atmósfera controlada (CA) y atmósfera modificada (MA) para variedades más populares de manzana.

CULTIVO	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	TEMP. (°C)	ALMACENAMIENTO (MESES)
Braeburn	1.8	1.0	0.7	6-9
Fuji	1.4	1.0	0.3	7-11
Gala	1.7	1.6	1.3	2-9
Golden Delicious	1.6	2.3	0.5	7-11
Granny Smith	1.4	2.0	0.6	7-11
Idared	2.1	2.5	1.9	7-10
Jonagold	1.4	2.7	0.9	5-10
McIntosh	2.1	2.9	2.5	5-10
Red Delicious	1.6	1.8	0.	6-11
Royal Gala	1.5	1.8	-0.2	5-8

Kuperferman, (1997)³⁶.

Aunque cada sistema de envasado se comporta de manera particular, la respuesta al uso de películas de polietileno de baja densidad parece seguir los principios básicos descritos con anterioridad en el presente trabajo. La relación correcta entre la permeabilidad al O₂ y al CO₂ de la película de polietileno de baja densidad con la cantidad de fruta a almacenar para lograr la atmósfera más adecuada en el interior del envase³³. Una vez determinada esta relación, el resto

de problemas a solventar para desarrollar el envase se centra en una razonable área superficial para poder acomodar el producto en cajas de cartón corrugado con la permeabilidad requerida ³³.

3.4 Efectos del envasado de manzana fresca con atmósfera modificada

El envasado en atmósfera modificada de frutas frescas, permite a los distribuidores y comerciantes al por menor, reducir las mermas de producto incluyendo las pérdidas por evaporación y descomposición. Por lo que puede asegurarse, a grandes rasgos, que esta tecnología tiene un enorme potencial ⁴².

El hecho de que la modificación de la atmósfera por sí sola sea capaz de impedir alteraciones en la manzana fresca para su almacenamiento, en condiciones de atmósfera modificada, con una refrigeración moderada de 1-5°C teniendo una adecuada dirección de está se logra controlar la humedad relativa a lo largo de todo el proceso, se genera una atmósfera compuesta por 2-3% de O₂ y hasta un 5% de CO₂, esta reducción del oxígeno o el aumento del dióxido de carbono retarda la maduración de la manzana, reduce la respiración y velocidades de producción de etileno retardando sensiblemente la maduración, el ablandamiento y disminuye varios cambios composicionales asociados con la madurez, se produce probablemente sólo una moderada o nula alteración fisiológica, logrando prolongar su calidad comercial.

Las principales ventajas que se atribuyen al uso de la tecnología de la conservación de manzana fresca bajo atmósfera modificada son:

- Conservación más prolongada, logrando con esto reponer las estanterías de venta con menor frecuencia ³⁸.
- Mejor presentación, clara visión del producto y visibilidad en todo el entorno ²⁶.
- Los materiales de envase y empaque permiten el apilado higiénico del producto envasado, cerrado y libre de goteo y olor del producto ³⁰.
- Moderadas pérdidas de peso, reducción de merma a nivel de detallista ⁵⁰.
- Retardo intenso de la maduración comparativamente al que se observa en conservación por frío¹.
- Mejor calidad de las frutas comercializadas, ya que los beneficios del envasado en atmósfera modificada se pierde cuando se abre o se perfora el envase³⁴.

La existencia y la magnitud de una respuesta favorable cuando se expone la manzana fresca a una atmósfera modificada. Debe producirse una respuesta clara ya que no todas las variedades responden favorablemente a la regulación de la atmósfera y entre los que responden así hay algunos en los que la diferencia entre el almacenamiento al aire ambiente es despreciable y en atmósfera modificada favorable. Muchas veces se argumenta que el valor del contenido es demasiado bajo para justificar un empaquetado especial.

Parece ser que, fundamentalmente, la utilidad de la envoltura retráctil igual de polietileno de baja densidad estriba en que es capaz de mantener una atmósfera saturada en agua, que prolonga la vida útil del alimento al reducir su retracción y pérdida de peso, también disminuye la incidencia de alteraciones de origen microbiano porque reduce la probabilidad de contaminaciones cruzadas en el interior de los envases².

En Europa, existe un interés creciente, en los supermercados de venta al por menor, por el concepto "bolsa en caja" (bag in box) para envasado en atmósfera modificada. Los productos sin envolver o los que ya están preparados para la venta al por menor, se cargan en bolsas barrera encerradas en una caja exterior de cartón ondulado, que se utiliza como unidad de expedición. El paquete envuelto puede ser enviado hasta el punto de venta, donde una vez abierto las unidades individuales pueden ofrecerse para la venta a los clientes de forma inmediata⁴⁰.

El valor del producto en relación con el costo adicional que supone la utilización de atmósferas modificadas; es obvio que para su utilización generalizada resulta imprescindible una rentabilidad económica.

Conclusiones

- Los beneficios del envasado en atmósfera modificada están en la mejora de la calidad del producto en el punto de venta, reducir los costes económicos, con una producción y distribución más eficaces. A medida que los alimentos envasados en atmósfera modificada están más disponibles para satisfacer la múltiple demanda de los consumidores por seguridad, frescura o componentes nutritivos, con aspecto de frescos, convenientemente empaquetados en términos de tamaño y forma del paquete a un costo aceptable, existen tremendas exigencias para garantizar la seguridad y / o el control de calidad de los productos envasados en atmósfera modificada para satisfacer constantemente estas expectativas de los consumidores.
- Sin embargo, si se selecciona una película plástica de adecuada permeabilidad para la manzana fresca se establece una adecuada atmósfera modificada de equilibrio cuando las intensidades de transmisión de O_2 y CO_2 a través del paquete es igual a la intensidad de respiración del producto de modo que se pueda alcanzar completamente los beneficios del envasado en atmósfera modificada.
- Para tener éxito en cualquier operación de envasado en atmósfera modificada, debe asegurar la integridad del envase y evitar las fugas, ya que los componentes atmosféricos a las concentraciones requeridas se consiguen una vez que los envases se han cerrado herméticamente.

- La reducción de los niveles de O_2 y el enriquecimiento en CO_2 puede reducir la intensidad de la respiración, retrasar la maduración, disminuir la producción y la sensibilidad al etileno, retrasar la pérdida de textura, reducir los cambios en la composición asociados con la maduración, reducir la degradación de la clorofila y alteraciones fisiológicas y los daños por frío del producto fresco, logrando mantener el color, y protegiendo la composición del producto fresco, de modo que se consigue la calidad durante una vida útil más amplia.

BLIBIOGRAFIA

1. Aarón L. B. (1996). Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío. España, Zaragoza.: Acribia.
2. Aarón, L. B. (2000, december). New food packaging polymer and processing techniques. The IFT packaging division's symposium on packaging polimers at IFT's 2000 anual. Food technology. 54(12), 72-74.
3. Aarón, L. B. (2000, june). Smart packaging becomes intellipac. Food technology. 54 (6), 104-107.
4. Alexandre, J. L. (1996). Procesos de elaboración de alimentos. 1996. Valencia: Servicios de publicaciones.
5. Álvarez, R. S. (1998). El manzano. España, Barcelona: Aedos.
6. Amanation, A., Slump, R. A., Gurriss, L. G. M. y Smid E. J. (2000). High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for self-life extension of minimally processed carrots. Journal food science. 65(1), 61-66.
7. Artes F. (1995, Junio). Innovations in physical modulated treatments for preserved postharvest quality of fruits and vegetables_ a review. Ciencia y tecnología de alimentos. 35(3), 247-265.
8. Arthey, D., Ashurst, P. R. (1997). Procesado de frutas. España, Zaragoza: Acribia.
9. Barragán, F. R. Polietileno Tecnología y proceso. Manual práctico para la industria. México, DF.: Acribia.
10. Bartholomai, A. (1985). Fabrica de alimentos. Procesos, equipamiento, costos. España, Zaragoza: Acribia.

11. Benavides, A. y Casero, T. (1999, septiembre). Estrategias de aplicaciones calcicas en precosecha sobre la producción de CO₂ y etileno en manzana golden smoothie conservadas en atmósfera controlada-ULO. VI congreso hispano-luso de fisiología vegetal.
12. Bodini, G. y Cacchi, P. F. (1992). Moldes y maquinas de inyección para la transformación de plásticos. Mc. Graw Hill.
13. Boyette, M.D., Sanders, D. C. y Rutledge, G. A. (2000). Packaging requirements for fresh Fruits and Vegetables.
14. Bureau, G., Multon, J. L. (1996). Food packaging technology volume 1. VCH publishers, inc.
15. Bureau, G., Multon, J. L. (1996). Food packaging technology volume 2. VCH publishers, inc.
16. Burgos, G. J. (1990). Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas. España, Zaragoza: Acribia.
17. Cantwell, M. (1999, december, 19). Características y condiciones recomendadas para el almacenamiento de frutas y hortalizas.
18. Características y usos de los plásticos. (2000). Plastívida, Argentina.
19. Celorio, B. C. (1996). Diseño del embalaje para exportación. México, DF.:instituto mexicano de envase.
20. Cervera, F. A. L. (1998). Envase y embalaje. España, Madrid.: ESIC.
21. Charles, H. (1991). Tecnología de alimentos. Procesos Químicos y físicos en la preparación de alimentos. México, DF.: Limusa.
22. Cheftel, J. Cl., Cheftel, H. y Besancon, Pierre. (1992). Introducción a la bioquímica de los alimentos, volumen II. España, Zaragoza.: Acribia.

23. Del Valle, J. M., Palma M. T. (1997). Temas en tecnología de alimentos. Preservación II, Atmósferas controladas y modificadas. Volumen 1. México, D.F.: CYTED-IPN.
24. Driver, W. E. (1989) plastics chemistry and technology. Litton educational publishing.
25. Duckworth, R.B., Duran T. Y M. Pedro. (1988). Frutas y verduras. España, Zaragoza: Acribia.
26. Envases plásticos propiedades y comportamiento. (2001, enero). Revista envase y embalaje. 2(1), 6-10.
27. Ganau, D., Recasens, I. (1999). Pautas en la producción de etileno y respiración de peras Cus Blanquilla y conference almacenadas en condiciones de atmósfera controlada con bajo oxígeno.
28. Gordón, H. R. y Barden J. A. (1984). Horticultura. AGT, Editor .
29. Hagan, A. T. (1999, december). Food grade Packaging.
30. Hirsch A. (1991). Flexible food packaging. New York.: VNR
31. Holdsworth, S.D. (1988). Conservación de frutas y hortalizas. España, Zaragoza.: Acribia.
32. Hotchkiss, H. J. (1998). Food and packaging interactions. Washington: ACS.
33. kader, A. A., Zagory, D., y Kerbel, E. L. (1989). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Food sience.28, 1-30.
34. Keller, L. (1998). Propiedades y aplicaciones de las películas utilizadas para el embalaje. Empaque performance. 8(6), 53-56.

35. Kramer, S., Aichurich T. R. y Friedrich G. (1982). Fruticultura. México: Continental.
36. Kuperferman, E. (1997). Controlled atmosphere storage of apples. *Postharvest horticulture*. 16 (2), 1-30.
37. Madrid, V. A., Gomez-Pastraña, R. J. M., Santiago, R. F. Madrid, V. J. (1994). Refrigeración, congelación y envasado de los alimentos. España, Madrid.: Iragra.
38. McLachlan, A. (1984). Pre-packaging applications to produce modified atmospheres extending the shelf-life of prepared fruit and vegetables. *Polymer technology*.
39. Parry, R. T. (1993). Principles and applications of modified atmosphere packaging of food. España, Madrid.: BA & P.
40. Primo, Y. E. (1987). Química Agrícola III, alimentos. México: Alambra.
41. Ramírez, R. H., Cepeda, S. M. (1993). El manzano. México: Trillas.
42. Rubin I. I. (1999). Materiales plásticos, propiedades y aplicaciones. México, D. F.: Limusa.
43. Sánchez, M. T., Pineda G., Muñoz, C. y Cruz, R. J. (2000, nov). El uso de atmósferas controladas en la conservación de espárragos verdes. *Alimentaria* 317, 125-128.
44. Smolander, M., Kurmer, E. y Ahvenainen R. (2000). Leak indicator for modified-atmosphere packages. Technical research centre of Finland biotechnology and food research.
45. Stewart, D., Oparka, J. y Johnstone C. (2000). Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on soft fruit quality.

46. Torres L.A.L. (1996). Manual de ingeniería y diseño de envase y embalaje: Terrasa.
47. Vidales G. Ma. D. (1995). El mundo del envase. Manual para el diseño y producción de. España, Barcelona.: Gustavo Gill.
48. Wiley, R.C. y Fernández, T. (1999). Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. España, Zaragoza: Acribia.
49. Wilmer, A. J. Harrington, J. P. (1991). Packaging food with plastics. Technomic Publishing Co.
50. Windaus G. y Peterman E. (1995). Principios para el envasado de alimentos. España, Madrid: ESIC.
51. Woldsworth, S. D. (1988). Conservación de frutas y hortalizas. España, Zaragoza: Acribia.
52. Zagory, O. y Kader, A. A. (1988). Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food technology. 42(9), 70-77.

46. Torres L.A.L. (1996). Manual de ingeniería y diseño de envase y embalaje: Terrasa.
47. Vidales G. Ma. D. (1995). El mundo del envase. Manual para el diseño y producción de. España, Barcelona.: Gustavo Gill.
48. Wiley, R.C. y Fernández, T. (1999). Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. España, Zaragoza: Acribia.
49. Wilmer, A. J. Harrington, J. P. (1991). Packaging food with plastics. Technomic Publishing Co.
50. Windaus G. y Peterman E. (1995). Principios para el envasado de alimentos. España, Madrid: ESIC.
51. Woldsworth, S. D. (1988). Conservación de frutas y hortalizas. España, Zaragoza: Acribia.
52. Zagory, O. y Kader, A. A. (1988). Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food technology. 42(9), 70-77.

La pérdida de vitamina C de las manzanas depende de la temperatura de almacenamiento, a -0.5°C hay una pérdida del 30% del valor inicial, mientras que a 2.5°C la pérdida puede ser del 50%, en algunas variedades de manzanas la disminución del contenido en vitamina C no es uniforme, pudiendo aumentar al principio del almacenamiento y disminuir, de nuevo, al final del mismo. También se ha estudiado la variación de la vitamina B₁ y se ha comprobado que si bien al principio hay una disminución, posteriormente se produce un aumento notable, de forma que se alcanza y aun se sobrepasa el valor inicial. También se ha visto una disminución rápida de la clorofila de la piel y de la pulpa ⁴⁰.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ENVASES PARA ATMÓSFERAS MODIFICADAS PARA MANZANAS.

Para un consumidor, la fruta fresca envasada puede parecer simple, pero los envases para estos productos deben ser hechos a la medida, científicamente a conveniencia de las sutiles diferencias y necesidades de almacenamiento de cada producto en particular. Un *envase alimentario* debe contener, proteger y conservar de la mejor manera posible todas las cualidades del producto ya sean en estado fresco o desde que salen del lugar donde los producen, hasta que son consumidos y facilita su transporte, manipulación, almacenamiento y comercialización⁴⁵.

En consecuencia, el envasado de los alimentos implica tanto la técnica como la ciencia de preparación del producto para el almacenamiento, transporte y venta.

Actualmente las grandes cadenas de tiendas de alimentos manejan la mayor parte del comercio de frutas y hortalizas en fresco, estos son abastecidos por grandes centros de distribución cooperativos, hasta hace relativamente poco la mayor parte de los productos enviados al mercado de frescos eran empacados en cajas o canastas, y vendidos en masa al público ²⁸.

Debido a la variación en la preferencia de los consumidores y el tipo de embalaje disponible se ha producido un cambio en el sistema de distribución ²⁸. Además de ser un aspecto importante del envasado en atmósferas modificadas, el empaque actual para ese mercado va, desde colocar las manzanas en grandes recipientes que se llevan hasta el mercado al menudeo, hasta el uso de una gran variedad de envases para el consumidor, se puede usar como material de envase bolsas de polietileno, ya que se mete la fruta en bolsas de polietileno y estas a cajas, posteriormente se envuelven en películas de este mismo material. , también son usadas cajas de plástico con sobre envolturas, cajas y charolas de cartón.

Como se menciona, en el capítulo 1, la demanda de manzana fresca ha incrementado en los últimos años donde gran parte de estas se envasan a niveles de humedad relativa, oxígeno y dióxido de carbono que se encuentran modificados con respecto a los niveles del aire normal.

Gran parte del envase, empaque y embalaje se hace en la empacadora, pero algunos deben hacerse en el centro de distribución mayorista después de almacenado. El envasado de las manzanas se lleva a cabo de acuerdo con su calidad; la extra, la de primera, segunda, tercera y cuarta, cotizándose en el mercado a diferentes precios ³¹.

También se ha utilizado con éxito películas poliméricas perforadas, para reducir la pérdida de humedad de los productos durante el almacenamiento, transporte y exposición en los mercados. Dicha reducción en la pérdida de humedad se debe a la disminución de la magnitud de la diferencia del vapor de agua entre el producto y su ambiente inmediato dentro del envase.

La utilización de material de envasado polimérico para crear una atmósfera modificada alrededor de las distintas especialidades así como en los productos refrigerados puede alcanzar la consideración de conservación de la manzana y aumentar su vida útil ⁷.

Ciertamente, el envase polimérico, debe presentar una permeabilidad razonable al O₂ y CO₂ sin perforar y hermético ³, cumpliendo perfectamente las características seleccionadas de permeabilidad a los gases en unión con un enfriamiento/preparación y tratamiento sanitario apropiado en la fase de envasado, es la principal herramienta utilizada para lograr una vida útil adecuada tanto en las manzanas frescas como minimamente procesadas.

La *permeabilidad* se define como la transferencia de materia existente a través de la pared que constituye el material de embalaje ¹⁵.

Conviene observar que éstas pueden producirse tanto desde el interior hacia el exterior como del exterior hacia el interior. La diferencia de presión parcial del vapor de agua entre las dos caras (interna y externa) es, como hemos indicado en el supuesto teórico, el factor que controla la transferencia.

La selección y el diseño del envase para el envasado en atmósferas modificadas tienen gran interés ya que se trata de conseguir un equilibrio entre la velocidad de la respiración del producto envasado y la permeabilidad de la

película. Con ello se pretende obtener y mantener una atmósfera en aceptable equilibrio dentro del envase para que el envasado en atmósferas modificadas retarde la maduración / senescencia del fruto y así se incremente su vida útil.

Algunas de las funciones del envase para manzanas frescas son las siguientes ⁷.

- Permeabilidad adecuada de los gases y de la humedad.
- Compatibilidad y utilidad con el producto, incluyendo su posible preparación para el consumo, y adecuado coste.
- Tolerancia a las condiciones ambientales de almacenamiento rutinario sin excesivas pérdidas de funcionalidad.
- Conservar el contenido y prevenir o retardar, directa o indirectamente, la descomposición química o disminución de la calidad del producto envasado.
- Proteger al contenido de agentes biológicos, mecánicos y físicos externos durante el almacenamiento, transporte y comercialización.
- Proporcionar una aceptable apariencia, color, textura, diseño y posible etiquetado.

La degradación de la calidad de la manzana está principalmente asociada a la respiración y al establecimiento y progresión de la maduración como fruto climatérico, y a la eventual senescencia posterior de los tejidos, ya que la energía almacenada decae en el producto, también influye la pérdida de agua a través de la transpiración. La utilización de películas permeables para modificar la

concentración de la atmósfera gaseosa de un envase ofrece enormes posibilidades para aumentar la vida útil de la manzana.

El envasado en atmósferas modificadas de la manzana es un proceso dinámico en donde el envase cerrado interactúa con el producto envasado (normalmente bajo un cuidadoso control de la temperatura) para finalmente alcanzar un equilibrio en la atmósfera gaseosa interna que reducirá la velocidad de la respiración, la sensibilidad al etileno y la pérdida de humedad (por transpiración) así como aumentará la fase de latencia del desarrollo microbiano e incrementará el tiempo de generación de la microflora³³.

Por *embalaje* se entiende; al material o recipiente destinado a envolver o contener temporalmente productos previamente envasados o no, durante su manipulación, transporte y almacenamiento o presentación para la venta, con el fin de protegerlos y facilitar estas operaciones, además de que identifica su contenido²⁰.

Así el embalaje permite el agrupamiento de productos con formas distintas, en una forma geométrica homogénea, estable, sencilla, transportable y almacenable, cualquiera que sea la técnica elegida para asegurar la estabilidad de un alimento a lo largo del tiempo, una de las misiones fundamentales del embalaje es la de asegurar su mantenimiento hasta el momento de su consumo.

De esta forma el embalaje reduce el desperdicio por merma, magullamiento, descuido, maltrato y destrucción en general durante la recolección, almacenamiento, distribución, reparto y exhibición; es decir, durante todas las etapas del proceso de comercialización de la manzana en estado fresco¹⁷.

2.1 Características del cartón como material de empaque de manzana fresca.

El cartón como material de empaque para la manzana ha de tener propiedades de protección para los productos frescos, generalmente se compone de dos laminas lisas de cartón (que suelen tener mayor calidad y blanqueo y que son las que se ven) y una serie de láminas en forma ondulada que se encuentra entre las dos láminas lisas. El diseño estructural de una caja determina qué tan efectiva será está para poder competir con su medio y además llevar el producto intacto al consumidor. Entre las propiedades que debe cumplir el cartón como material de empaque son:

- La protección del producto de los daños ocasionados durante su almacenamiento, transporte y manejo.
- Poseer la suficiente rigidez; De tal modo que el empaque mantenga su forma original cuando se llene y apile.
- Poseer estabilidad frente a diferentes condiciones atmosféricas.
- Retener sus propiedades originales; Durante largos periodos de tiempo en el almacén y bajo toda clase de condiciones.
- Ser resistente a la fricción y abrasión.
- Disponer de una superficie adecuada para la impresión.
- Plegarse y doblarse bien sin quebrarse.
- Es económico.

Por su costo y eficiencia es el material de empaque y embalaje más usado, ya que además pueden lograrse buenas impresiones sobre sus caras, dependiendo de los materiales utilizados, dando de esta forma la posibilidad de desempeñar funciones no-solo de embalaje sino también de exhibidor ¹⁹.

La calidad y resistencia del cartón procede de la mayor cohesión de las fibras que lo componen. Como existen papeles de diferentes calidades y pesos para la confección de la capa ondulada y lisa de estos cartones, existen por tanto innumerables combinaciones y diferentes calidades de cajas. Las caras son generalmente de dos tipos:

- kraft, que es fibra virgen hecha de pino, es de la mejor materia prima para la fabricación del cartón corrugado que va de 120-180g/m².
- Caras fabricadas de fibras reprocesadas de otros contenedores.

El *cartón corrugado (ondulado)* se define como una estructura mecánica formada por la unión de varios papeles, hojas lisas o liners, unidas equidistantemente por uno o varios papeles ondulados ²⁰.

El cartón corrugado está compuesto por dos tipos de elementos estructurales: el liner también llamado caras y el material de flauta, también llamado médium, con el cual precisamente es formada la flauta, como se puede apreciar en la figura 2 que corresponde al corte transversal de un corrugado de pared sencilla, estos tipos de flauta así como la estructura del corrugado se asignan de acuerdo a la utilización que se le dará a la caja y por supuesto al tipo de producto que contendrá.

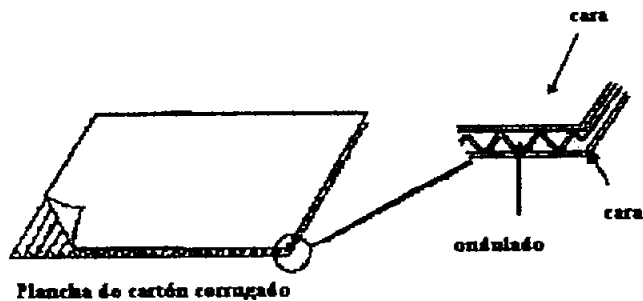


Fig. 2 Estructura del cartón corrugado.

Cervera, 1998 ²⁰.

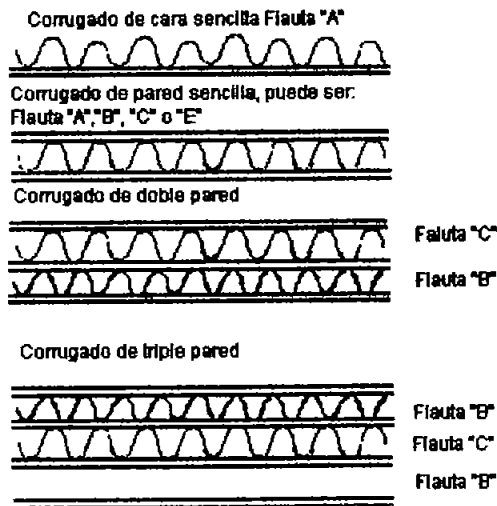


Fig. 3 Tipos de corrugados según su estructura

Torres, 1996 ⁴⁸.

La estructura ondulada (flauta) es determinada en función de la aplicación que se dará al corrugado, teniendo básicamente cuatro tipos de flauta. La

estructura del corrugado así como el tipo de flauta se asigna de acuerdo a la utilización que se le dará a la caja y por supuesto al tipo de producto que contendrá ⁴⁶. En la figura 3 se ejemplifica los diferentes tipos de corrugados según su estructura en la cual el cartón corrugado se puede fabricar.

En la figura 4, se detallan gráficamente tipos y dimensiones de las flautas que son usadas en el ámbito comercial, existen cuatro tipos A,B,C y E .

NOMBRE Y TIPO	FLAUTAS POR (m)	GROSOR (mm)
Flauta "A"	118	5.0
Flauta "B"	167	3.0
Flauta "C"	138	4.0
Flauta "E (microcorrugado)"	315	1.6

Fig. 4 Tamaño de flautas en corrugados.

Vidales ⁴⁷, 1995.

Por las razones antes expuesta y sobre la base de la experiencia, recomiendan el cartón corrugado (ondulado) de pared sencilla como material de empaque para la manzana fresca, de una sola pieza, con diseño de tipo ranurado regular ver figura 5, generalmente de flauta tipo A y tipo B, considerando la dirección de la flauta para el caso de tipo A en sentido vertical ya que en comparación con la de sentido Horizontal es 20% más resistente y para el caso de

tipo B se recomienda en sentido horizontal por presentar 20% más de resistencia que la de tipo vertical ⁴⁷.

La importancia del cartón como material de empaque para manzana se haya muy ligado a la importancia tener un material (barrera física) que dificulte el movimiento del aire en torno al producto en el almacenamiento del mismo, para así evitar pérdida de agua ofreciendo un efecto beneficioso.

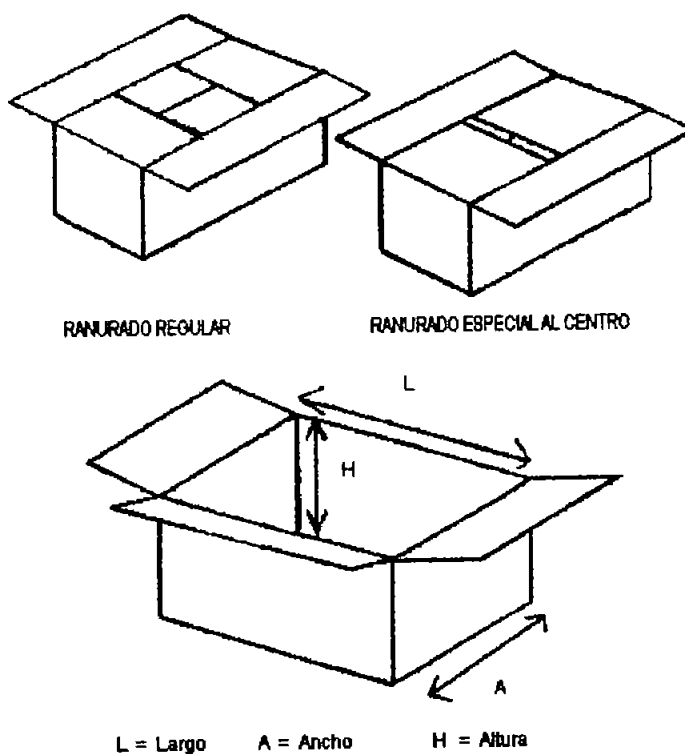


Fig. 5 Diseño de caja de cartón corrugado tipo ranurado regular, y sus dimensiones aptas para manzana fresca.

Torres, 1998 ⁴⁶.

La caja de unión, se une ya sea por adhesivo o engrapada, esta última es la más recomendable ya que se utiliza cuando se carga un peso excesivo como para el caso de las manzanas que son cajas con capacidad aproximada para 5, 10 a 15 Kg.

Las dimensiones obtenidas serán las dimensiones internas de la caja expresadas en largo, ancho y alto o profundo, considerando tolerancias para conocer las dimensiones exteriores, generalmente los fabricantes proponen tolerancias de ± 2 mm ⁴⁶, es de relativo bajo peso, las dos solapas que funcionan como tapas tienen un perfil que permiten ver los frutos aunque esté cerrada, permitiendo ampliamente la circulación del aire por medio de la abertura existente entre sus dos tapas, por medio de sus perforaciones circulares y en algunos casos de ranuras laterales ⁵⁰. Su coste es bajo y se puede adaptar con facilidad sola o en compañía de otros elementos.

La superficie de los cartones puede modificarse aplicándoles diversos materiales de recubrimiento que le confieren características especiales, como por ejemplo, impermeabilidad al agua, resistencia a la abrasión, impermeabilidad al vapor de agua, brillo y mejores características para la impresión. Para ello pueden emplearse materiales plásticos o ceras ⁴⁷.

Este aspecto puede ser importante cuando se usa en el almacenamiento humedades relativas muy elevadas, debido a que el cartón, en presencia de humedad tiende a cambiar sus propiedades mecánicas, principalmente la rigidez, se evita con esto el fenómeno de histéresis que es cuando el cartón se encuentra en fase de pérdida (evaporación) o de adsorción de humedad ²⁰.

A veces incluso pueden impregnarse con sustancias que evitan el crecimiento de los mohos en la fruta.

Para que la ventilación sea más efectiva en este tipo de cajas debe cuidarse que las perforaciones de la base estén perfectamente alineadas con las de la tapa, y lo mismo debe lograrse con las perforaciones de las paredes laterales, es decir, deben coincidir las perforaciones de un embalaje con las de los embalajes vecinos de arriba, de abajo y de los costados durante estiba⁵⁰, de esta manera el aire que entra por los embalajes situados en las orillas al estar estibados sobre la tarima puede circular también por los ubicados en el centro.

Las caras o liners realizan una aportación importante a la resistencia del cartón ondulado y por tanto a la del envase o embalaje, a través de:

- Rigidez a la flexión
- Estallido
- Desgarro
- Resistencia al apilado, así como su capacidad expositora e informativa

En el cuadro 3 se pueden apreciar una relación entre las principales exigencias y propiedades mecánicas con que debe cumplir el cartón como material de empaque para las manzanas frescas. En cuanto a apilamiento se refiere a resistencia a la compresión vertical²⁰. Resistencia al reventamiento, se refiere a las presiones internas que pueden ser muy grandes debido a impactos o caídas⁴⁷. Aplastamiento, esta característica no concierne más que al ondulado, cuya función es mantener de forma constante las dos caras equidistantes⁴⁶.

Choques y golpes, factores que influyen durante la manipulación y el almacenamiento ²⁰.

Dentro de las propiedades físicas debemos tener en cuenta las condiciones climáticas ya que el cartón es sensible a la humedad, también la fatiga que es cuando el empaque de cartón en función de su tiempo de almacenaje y de las condiciones climáticas, produce una variación de su resistencia a la compresión vertical.

CUADRO 3: Principales propiedades mecánicas con que debe cumplir el cartón como material de empaque para la manzana fresca.

PROPIEDADES MECÁNICAS
Deformación
Flexión
Aplastamiento al canto
Apilamiento
Resistencia al reventamiento
Aplastamiento
Choques y golpes

Cervera, 1998²⁰.

2.2 Características de los plásticos como material de envase.

La utilización de películas permeables para modificar la concentración de la atmósfera gaseosa de un envase ofrece enormes posibilidades para aumentar la vida útil de los productos ³.

El número de polímeros utilizados o utilizables para el embalaje de los alimentos es ya muy importante, debido a que este es considerado ligero, manejable, moldeable, resistente, económico ⁴².

Cuando se habla de *películas*, generalmente se refiere a materiales plásticos presentados en grosores que no excedan de 10 μ o sea 0.01 in (0.254 mm), ya que los grosores mayores se les conoce como hojas ³⁰.

El uso de los plásticos se ha disparado en las últimas décadas, la producción y el uso de los envases de tal manera que se puede afirmar que el envase de plástico se caracteriza por su versatilidad en el diseño; diferentes grados de transparencia, variedad en su consistencia, en sus colores y tonos, en su tamaño y textura, en su tipo y grado de barrera, en sus propiedades y en sus procesos ofreciendo una rica gama de alternativas para encontrar soluciones concretas a los problemas específicos de envasado ⁴².

Plástico; en un sentido amplio, son materiales orgánicos, constituidos por macromoléculas y producidos por transformación de sustancias naturales, o por síntesis directa, a partir de productos extraídos del petróleo, del gas natural, del carbón o de otras sustancias minerales ²⁰.

Las principales ventajas de los plásticos como material de empaque o embalaje, son su ligereza, el bajo volumen, el menor precio y algunas veces, la transparencia.

Son muchos los materiales plásticos de envase; cada uno con diferentes propiedades y características de resistencia, barrera y sellado, de tal forma que se pueden seleccionar combinaciones para diseñar un envase a la medida que satisfaga plenamente los requerimientos específicos de contención, conservación,

protección, vida de anaquel y presentación de cada producto. Siempre hay que definirlo en función del producto a acondicionar, de las tecnologías de conservación utilizadas, de la vida comercial deseada y de las condiciones de almacenamiento, transporte y distribución ¹⁶.

Es indispensable tener siempre presente que es el producto, en el sentido amplio del término, el que nos permite determinar las características del material a utilizar. Por tanto, tenemos que operar de una forma lógica:

- Definir lo que queremos proteger y contra quien
- Definir un tiempo de conservación óptimo, recordando que la evolución del alimento comienza desde el cierre del embalaje y que ésta no debe ser percibida por el consumidor antes del período fijado.

Los plásticos destinados a la conservación en atmósfera modificada están constituidos por diferentes compuestos, como agente de barrera a los gases:

- Polietileno (PE)
- Cloruro de polivinilideno (PCdC)
- Alcohol vinil de etileno (EVOH)

La influencia de diversos factores como naturaleza del polímero, naturaleza del gas (dimensiones, configuración, polaridad), temperatura y presión, influyen en la permeabilidad de las películas plásticas.

Los cambios en la permeabilidad como consecuencia de la modificación de la temperatura pueden ser suficiente para modificar la atmósfera del envase, por lo

tanto, parece que la elección de un tipo de película no sólo determina la permeabilidad a una temperatura definida, sino también la capacidad de adaptación a los cambios de temperatura ³⁰.

En el caso de alimentos, como las frutas, para mantener una buena calidad organoléptica durante periodos de almacenamiento, como se mencionó en el capítulo 1, se necesita que el material de embalaje tenga una cierta permeabilidad frente al oxígeno y gas carbónico; tan sólo se exige una relativa impermeabilidad frente al agua y vapor de agua y por esta causa son muy apropiados y utilizados frecuentemente, materiales tales como el polietileno e incluso el celofán ²².

2.3 Propiedades de barrera de las películas plásticas.

No hay que olvidar que cada material de embalaje tiene, además de cualidades y defectos, unas características que nos van a permitir conocerlo, apreciarlo y utilizarlo para obtener los resultados deseados, a saber, conservar el alimento hasta el momento de su consumo, sin riesgo de degradación de sus cualidades iniciales.

Para el acondicionamiento de la manzana fresca con el objeto de mantener a lo largo del tiempo la composición de la mezcla gaseosa en contacto con el producto, es necesario utilizar un material plástico que asegure las siguientes propiedades:

- Propiedades como barrera: debido al empleo de mezclas gaseosas, la barrera al oxígeno O₂ no es en absoluto una cualidad suficiente: la

película también deberá constituir una excelente barrera para el nitrógeno y el anhídrido carbónico (la tasa de transmisión de la mayoría de los materiales es de 3 a 5 veces superior para este segundo gas que para el oxígeno) ³².

- Tasa de transmisión del vapor de agua: debe permanecer baja, con objeto de evitar las pérdidas de peso ³¹.
- Perfecta termosellabilidad; el mantenimiento de la mezcla gaseosa en el interior del embalaje presupone soldaduras impermeables, sin micro fugas ¹³.
- Perfecta resistencia mecánica; por ejemplo, resistencia al desgarramiento ¹⁸.
- Perfecta resistencia a la penetración de microorganismos ².
- Capacidad para responder a las necesidades del marketing y la comercialización.
- Perfecta estabilidad a lo largo del tiempo (conservación de todas las propiedades del material).

Las características de permeación de una película plástica dada son aproximadamente proporcionales al espesor de la misma. La difusión de gases tales como oxígeno y dióxido de carbono dependen del tamaño, forma y polaridad de las moléculas que integran la película y por otra parte de la cristalinidad, grado de entrecruzamiento y movimiento segmental del polímero en la matriz de la película ²⁴.

2.3.1 Permeabilidad al vapor de agua.

El envase actúa como barrera al movimiento de vapor de agua y de los gases como oxígeno y dióxido de carbono, entre otros, y pueden llegar a mantener una humedad relativa alta, con la cual las frutas y hortalizas envasadas mantienen su turgencia. Sin embargo la conservación de valores muy altos de humedad relativa puede provocar la condensación de la humedad sobre el producto, creando también las condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos³¹.

Debe de haber un equilibrio de la presión de vapor de agua entre el producto y la atmósfera que lo rodea, delimitada por el material de embalaje⁴⁵.

La permeabilidad de las películas plásticas al vapor de agua resulta mayor a medida que desciende la cristalinidad del polímero. Algunas películas son muy poco permeables al vapor de agua²².

Algunos materiales, como las películas de polietileno, pueden considerarse como barreras relativamente buenas contra el vapor de agua, dado que la velocidad de transferencia de este a través es relativamente baja comparada con la de otros polímeros.

2.3.2 Permeabilidad al O₂/CO₂

La permeabilidad de las materias plásticas a los gases, tales como el vapor de agua o el oxígeno, constituye una de las características más importantes desde el punto de vista de su empleo para envasar alimentos¹⁴.

El paso de los gases a través de una película tiene analogías a los fenómenos de difusión: difusión a través de eventuales micro poros, influenciada por el tamaño de las moléculas de gas y por la sección disponible de los poros; sobre todo difusión a través de la masa, es decir, en los espacios intermoleculares de las zonas amorfas³. Esta difusión es una transferencia de masa, cuya fuerza activa es la diferencia de concentración de gas a los dos lados de la membrana plástica. Pueden añadirse a la difusión en la masa fenómenos de adsorción sobre la membrana (por afinidad química o solubilidad), desorción.

En la respiración de los tejidos de la manzana fresca se utilizan considerables tasas de oxígeno, de ahí que las películas adecuadas para productos frescos necesiten un coeficiente de permeabilidad al O₂ relativamente alto a fin de evitar la formación de una atmósfera dentro del paquete. La difusión de gases tales como oxígeno y dióxido de carbono dependen del tamaño, forma y polaridad de las moléculas que integran la película y por otra parte la cristalinidad, grado de entrecruzamiento⁴⁶.

En el cuadro 5, se muestran las velocidades de transmisión a los gases de diferentes películas poliméricas que pueden seleccionarse para envasado en atmósferas modificadas de frutas frescas⁴⁵. Las diferencias que se presentan en el polietileno, son el resultado de diferentes procesos con el cual fue producido el polímero, como podríamos mencionar, la copolimerización de un monómero de etileno con un monómero de octeno da origen a un polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) o ya sea por polimerización a baja o alta presión del etileno, además de conferir propiedades físicas diferentes¹².

Es importante que las películas utilizadas en el envasado en atmósferas modificadas de manzana fresca tengan una relación de permeabilidad de CO_2 a O_2 relativamente alta pero baja al vapor de agua, de esta forma se permite que disminuya la concentración de O_2 sin que sea excesiva la acumulación de CO_2 dentro del envase ³³.

El aumento de la temperatura provoca un aumento de la velocidad de respiración del alimento como de la permeabilidad del material del envase ²³.

Como envases de frutas y hortalizas frescas se han utilizado diferentes películas plásticas que incluyen las enlistadas en el cuadro 4, donde cabe señalar, que el PVDC es una película de cloruro de polivinilideno que se considera buena barrera frente a los gases y la humedad y se incluye en contraste con otras películas que son barreras mucho más débiles frente a los gases, PVDC no puede utilizarse en envasado en atmósferas modificadas de productos frescos debido a las bajas concentraciones de O_2 y altas de CO_2 generadas en la atmósfera dentro del envase, esto es, por su muy baja permeabilidad al O_2 y CO_2 ¹⁵.

CUADRO 4 Características de permeabilidad de diferentes películas de posible utilización en envasado en atmósferas modificadas de frutos frescos y mínimamente procesadas.

Tipo de película	Velocidades de transmisión ^{ab}		
	O ₂	CO ₂	Vapor de agua
Poliétileno baja densidad (LDPE)	3.900-13.000	7.700-77.000	6-23,2
Poliétileno baja densidad Lineal (LLDPE)	7000-9300	-	16-31
Poliétileno media-densidad (MDPE)	2.600-8.293	7.700-38.750	8-15
poliétileno alta densidad (HDPE)	520-4.000	3.900-10.000	4-10
Polipropileno (PP)	1.300-6.400	7.700-21.000	4-10,8
Cloruro de polivinilo (PVC)	620-2.248	4.263-8.138	
Cloruro de polivinilo Plastificado (PVC)	77-7.500	770-55.000	>8
Poliestireno (PS)	2.000-7.700	10.000-26.000	108,5-155
Copo límero acetato de Vinilétileno (12%VA)	8.000-13.000	35.000-53.000	60
Cloruro de polivinilideno (PVDC)	8-26	59	1,5-5

WILEY, 1997⁴⁹

^a las velocidades de transmisión del O₂ y CO₂ se expresan en cm³ m⁻² día⁻¹ a 1 atmósfera de presión diferencial para película de 0.0254 mm de grosor a 22-25°C en diferentes HR o en HR sin especificar.

^b Las velocidades de transmisión del vapor de H₂O se expresan en g m⁻² día⁻¹ a 37.8°C y 90% HR

Si la manzana se cierra en una película con excesiva permeabilidad, se producirá poca o ninguna modificación de la atmósfera en el interior del envase, además las pérdidas de humedad podrían provocar el marchitamiento y pérdida indeseable de la frescura y por lo tanto los materiales plásticos altamente permeables son inadecuados para el envasado de los productos frutos frescos³⁹.

La permeabilidad a los gases y vapor de agua de los polímeros que se muestran en el cuadro 4 para envasado en atmósferas modificadas muestran diferencias sustanciales, la relación de permeabilidad del O₂ respecto del CO₂ requerida para modificar dentro de este la atmósfera de manzana fresca, solo es cubierta por la película de polietileno baja densidad^{15,22}.

Por lo general, la permeabilidad de una película plástica frente al oxígeno, al nitrógeno o al dióxido de carbono, no se modifica por la presencia de alguno de estos gases o de dos a la vez, por el contrario la permeabilidad de una película plástica frente a un gas resulta fuertemente aumentada por la presencia de vapor de agua.

2.4 Propiedades del polietileno de baja densidad.

Los procesos mediante el cual es elaborado el polímero de polietileno, dan como resultado varias formas del polímero (de baja densidad, de baja densidad lineal y de alta densidad, etc.), cada uno con características muy diferentes de comportamiento y cualidades propias muy versátiles, con las que se han ganado un sin fin de usos, particularmente en forma de películas²⁹.

El polietileno de baja densidad es producido a alta presión tiene una densidad de aproximadamente 57.1-57.7 lb/ft³ (0.915 a 0.925 g/cm³) densidad poco más baja que la de polietileno de densidad media (medium density polyethylene, MDPE) de hasta aproximadamente 58.3 lb/ft³ (0.935 g/cm³) ya que se sabe que a medida que aumenta la densidad la permeabilidad decrece, al igual que disminuye la flexibilidad de la película.

Las características relativas a las principales ventajas comerciales del polietileno baja densidad (LDPE) inclusive frente a polímeros de la misma familia son; su excelente procesabilidad, excelentes propiedades ópticas y flexibilidad.

Las principales aplicaciones de las películas de polietileno baja densidad incluyen las bolsas para pan, el plástico estirable para envoltura, las bolsas para empacados, además en comparación con otros polímeros pueden sobresalir en el uso también como material de envase de fruta fresca por sus propiedades de permeabilidad de gases además de presentar una absorción de agua en 24 horas <0.01% propiedad muy importante para evitar pérdida de peso de la manzana fresca¹³.

Se puede afirmar que a temperatura de 1° - 4° C presenta un gran potencial de conservación ya que ayuda a prolongar el periodo de conservación de la manzana.

El polietileno representa más o menos un tercio de todo el envase plástico del mundo²⁹. La película de polietileno baja densidad (por sus siglas en ingles low density polyethylene LDPE) es flexible y transparente y presenta buen brillo, que tiene como principales funciones como material de envase en la manzana fresca barrera contra gases como oxígeno, dióxido de carbono e impermeabilidad a la

humedad, apropiadas, como se puede apreciar en el cuadro 5, empleando bolsas con una relación superficie / volumen para facilitar una mayor entrada de oxígeno y evitar la respiración que se produce dentro del envase.

Entre los varios tipos de polietileno utilizados, las películas más exitosas han sido la de material delgado (10 μ m) de baja densidad. Los polímeros pueden aplicarse sobre la fruta, contraerse térmicamente con aire caliente y sellarse, para disminuir el volumen libre del envase y promover un ajuste cercano entre este y el alimento. Alternativamente, se puede ajustar el envase a la fruta estirando el polímero antes de aplicarlo sobre la fruta y sellarlo, pero este procedimiento no es tan popular como el anterior. La formación de una película gaseosa saturada con agua alrededor de los vegetales permite minimizar la deshidratación de éstos, reduciendo el daño por frío y el desarrollo de la senescencia de los tejidos ²³.

3. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERA MODIFICADA PARA MANZANA.

La preservación de alimentos por medio de la modificación de la atmósfera que los rodea ha demostrado ser una buena alternativa y/o complemento a la refrigeración ²¹. Esta tecnología ha despertado mayor interés en los últimos años debido al aumento de la demanda de "productos frescos", al avance en el conocimiento de la ciencia de los alimentos y al avance de la industria de los plásticos ⁴⁴.

humedad, apropiadas, como se puede apreciar en el cuadro 5, empleando bolsas con una relación superficie / volumen para facilitar una mayor entrada de oxígeno y evitar la respiración que se produce dentro del envase.

Entre los varios tipos de polietileno utilizados, las películas más exitosas han sido la de material delgado (10µm) de baja densidad. Los polímeros pueden aplicarse sobre la fruta, contraerse térmicamente con aire caliente y sellarse, para disminuir el volumen libre del envase y promover un ajuste cercano entre este y el alimento. Alternativamente, se puede ajustar el envase a la fruta estirando el polímero antes de aplicarlo sobre la fruta y sellarlo, pero este procedimiento no es tan popular como el anterior. La formación de una película gaseosa saturada con agua alrededor de los vegetales permite minimizar la deshidratación de éstos, reduciendo el daño por frío y el desarrollo de la senescencia de los tejidos ²³.

3. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERA MODIFICADA PARA MANZANA.

La preservación de alimentos por medio de la modificación de la atmósfera que los rodea ha demostrado ser una buena alternativa y/o complemento a la refrigeración ²¹. Esta tecnología ha despertado mayor interés en los últimos años debido al aumento de la demanda de "productos frescos", al avance en el conocimiento de la ciencia de los alimentos y al avance de la industria de los plásticos ⁴⁴.

Como es para el caso de largo plazo de almacenaje de manzanas, obteniéndose mediante este sistema, fruta de óptima calidad almacenada por varios meses, cuando se reduce la concentración de etileno en el interior del envase del polímero de polietileno de baja densidad, generan una atmósfera compuesta por 2-5% de oxígeno y 5-7% de dióxido de carbono, que mantienen a la fruta en condiciones de comercialización durante 4-5 meses ³⁵.

A lo largo de este trabajo se ha señalado que la calidad de la manzana fresca depende primeramente de la selección y del manejo cuidadoso de este fruto una vez cosechado. Las medidas; como la cosecha durante la madurez óptima, la disminución de los daños durante el manejo, la reducción de interacciones microbianas con una sanitización adecuada y un mantenimiento óptimo de temperatura y de humedad relativa, son importantes para preservar la calidad poscosecha. Una vez que estos requerimientos se han realizado para mantener la calidad del producto se puede llevar a cabo la modificación de la atmósfera que lo rodea para extender su vida de anaquel.

Generalmente las condiciones de la atmósfera inicial se establecen por un período transitorio y el intercambio fisiológico del fruto y el ambiente físico manteniendo así las condiciones dentro de amplios límites.

Se sabe que la masa del producto, su estado de madurez, la temperatura, las presiones parciales de O_2/CO_2 , los niveles de etileno y la intensidad de luz afectan a la respiración neta del producto envasado, mientras que en cuanto al material de envasado LDPE (polietileno de baja densidad), su grosor y área, así como la temperatura, humedad relativa y los gradientes de las presiones parciales

de O₂ y CO₂ a través de la película plástica que forma el envase, afectan a la permeabilidad ⁹.

Se debe evitar variabilidad en el sellado de la bolsa, que sea este defectuoso o incorrecto, también posibles perforaciones, para evitar que se presente una atmósfera de una composición similar a la del aire, siendo que puede provocar según se han demostrado quemaduras en manzanas "Granny Smith" y un mayor grado de alteración en las variedades "Delicious" y "Jonathan", presentando respuesta similar en manzanas "Grimes Golden"².

El sistema de cerrado preferido es el termo sellado. Este sistema suele dar menor problema, en lo referente a la variabilidad de la atmósfera, que los métodos de cierre mecánicos y los de cierre con adhesivos.

3.1 Definiciones

Históricamente las atmósferas que rodean al producto se han alterado en el almacenamiento con *atmósfera controlada* (CA, por sus siglas en inglés), donde los niveles de gases se monitorean y ajustan continuamente para mantener las concentraciones óptimas ²¹. Este alto grado de regulación atmosférica relacionado con la atmósfera controlada es muy caro para operar, ya que se requieren cámaras herméticas de almacenamiento, contar con un sistema para la modificación activa de la atmósfera por adición o remoción selectiva de uno o más gases, además de contar con un sistema de circulación del gas atmosférico y sensores para determinar la composición de este, por lo que es más conveniente para productos que son tratados por periodos más largos ⁵².

Esta parte es la que hace la diferencia entre atmósfera controlada y atmósfera modificada donde en atmósfera controlada la concentración de los distintos gases se monitorea regularmente y se mantiene dentro de los estrechos límites prefijados, mientras que en atmósfera modificada la concentración final de los gases es estimada, pero no se monitorea ni se interviene a lo largo del tiempo para modificar o corregir la atmósfera ²¹.

La atmósfera controlada comprende generalmente a la tecnología que se aplica en el almacenamiento durante el cual se asegura una atmósfera constante independientemente de las actividades respiratorias del producto, intercambios de gases a través de fugas, etc¹.

Se ha empleado durante unos sesenta años para almacenamiento de fruta en grandes cámaras herméticas, en las que se pueden controlar los niveles de oxígeno y dióxido de carbono. Más recientemente, se ha utilizado con éxito para incrementar la vida útil de canales frescas de aves, almacenadas en grandes cantidades.

El *envasado en atmósfera modificada* se define como; método de empaquetamiento que implica la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por un gas, o mezcla de gases; la mezcla de gases a emplear depende del tipo de producto ³⁹.

La atmósfera gaseosa cambia continuamente durante todo el periodo de almacenamiento, por la influencia de diferentes factores, como respiración del producto envasado, cambios bioquímicos, y la lenta difusión de los gases a través del envase ³⁹.

Si se permite que el producto y el envase interactúen normalmente, la atmósfera gaseosa se modificará en relación con la inicial y de aquí el término de atmósfera modificada, con esto lograr mejorar las perspectivas del almacenamiento logrando reducir la actividad respiratoria y la producción de etileno, trayendo como consecuencia que se retrase la maduración y/o la senescencia, factores importantes contemplados en este trabajo.

3.2 Gases empleados en el envasado para manzana con atmósferas modificadas.

Los tres gases principales usados comercialmente en el método de atmósfera modificada, son oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono. Cada uno de ellos y su concentración, deben ser aplicados a la medida individualmente³⁸.

Como se ha venido mencionando a lo largo del presente trabajo las frutas climatéricas continúan respirando después de la recolección, consumen oxígeno y producen dióxido de carbono y vapor de agua, por lo que es esperable que la concentración de estos elementos en la atmósfera que rodea a la célula tenga un efecto directo sobre la tasa respiratoria. Si las características de respiración de la fruta pueden equilibrarse exactamente a la permeabilidad de la película plástica empleada como envase; en el interior del envase se podrá crear, de forma pasiva, una atmósfera modificada favorable, cuando se establece la concentración de equilibrio de oxígeno y dióxido de carbono³⁹.

La actividad respiratoria natural de la manzana reduce el contenido de oxígeno e incrementa el dióxido de carbono en las zonas de almacenamiento, suficientemente para reducir de forma sensible la respiración, las manzanas y peras conservadas de este modo pueden consumirse hasta seis meses después de la recolección, casi el doble de vida útil que en almacenamiento refrigerado normal.

El concepto básico del envasado de alimentos frescos en atmósferas modificadas es la sustitución en el envase, del aire que rodea al alimento, con una mezcla de gases, en proporción diferente a la del aire⁴⁴.

3.2.1. Concentraciones de O₂

Probablemente el oxígeno es el gas más importante en éste contexto, siendo utilizado por los tejidos vegetales, y participa en algunas reacciones enzimáticas en los alimentos, incluyendo en compuestos sensibles como vitaminas y aromas. Por esta razón en el envasado en atmósfera modificada, se reduce hasta niveles bajos³⁹.

El oxígeno es el principal gas responsable del deterioro de los alimentos, ya que es necesario para algunas reacciones tanto químicas como enzimáticas, que tiene lugar el fruto tras su recolección. Su reducción o eliminación reduce la velocidad de los procesos metabólicos⁴³.

Las condiciones de una baja concentración de oxígeno y un elevado contenido de dióxido de carbono dentro del envase, preservan la calidad de la

manzana fresca. Normalmente se requiere una concentración de 2-5% de oxígeno.

Aquí la importancia de permeabilidad del polímero de polietileno de baja densidad ya que si el producto está bien cerrado los niveles de oxígeno en el interior del paquete, podrían descender a concentraciones muy bajas en las que se podría iniciar la respiración anaerobia provocando anaerobiosis que no es más que acumulación de etanol, acetaldehído y ácidos orgánicos, normalmente se asocia con olores y sabores y con una marcada degradación en la calidad de la manzana fresca.

Generalmente hablando, la intensidad de respiración se valora por la rapidez con que se producen los cambios químicos en el material vegetal, y por lo tanto indica la vida útil potencial de las frutas³⁹.

El sistema de envasado que requiere por abajo del contenido de oxígeno de la manzana, se emplea con más frecuencia para los productos blandos de panadería³.

3.2.2 Concentraciones de CO₂.

La respiración es un fenómeno bioquímico muy complejo según el cual los carbohidratos, ácidos orgánicos y otras fuentes de energía son metabolizados en moléculas más simples con producción de calor. Los productos de la respiración aerobia son el dióxido de carbono (CO₂) entre 5-7% y vapor de agua. El dióxido de carbono se difunde a través de la película plástica de envasado por encima de 30 veces más rápidamente que cualquiera de los otros gases empleado para el

envasado de productos alimenticios. El enriquecimiento en CO₂ es consecuencia por tanto natural del desarrollo de la respiración cuando la fruta fresca se almacena en un envase herméticamente cerrado.

El dióxido de carbono ejerce un fuerte efecto inhibitor sobre el crecimiento bacteriano, el efecto inhibitor del dióxido de carbono se incrementa a baja temperaturas debido al aumento de su solubilidad (179.9ml/100 ml de agua a 0°C)³⁹.

3.3 Requerimientos para el envasado de manzana fresca con atmósfera modificada.

La utilización de un sistema de envasado apropiado contribuye a una buena conservación de los productos frescos, siempre y cuando sean respetadas ciertas medidas higiénicas junto con la utilización de las bajas temperaturas (1° - 4°C) durante su almacenamiento. Ya que los cambios respiratorios del producto, provocados por la modificación de la temperatura, pueden modificar las concentraciones de gases en equilibrio en el interior del envase, así como el tiempo necesario para lograrlo.

La permeabilidad de la película de polietileno también depende de la temperatura de almacenamiento ⁴⁹.

La elección del material de envoltura es una parte extremadamente importante de la operación de envasado en atmósfera modificada

La influencia de la temperatura en la respiración de la manzana fresca envasada depende del propio producto y del intervalo de temperaturas, los productos hortofrutícolas respiran de 6 a 8 veces más a 20°C que a 0°C ³⁸.

Otro aspecto importante a considerar, es reducir pérdidas de humedad mediante la disminución de la temperatura, incremento de la humedad relativa (HR) y reducción del movimiento del aire, por lo que se resalta la importancia del material plástico utilizado en el envasado de productos frescos en atmósferas modificadas es buena barrera al vapor de agua relativamente buenas y es capaz de mantener una humedad óptima en el interior del empaque.

Una cámara de conservación bajo condiciones de atmósfera modificada, debe ser una cámara frigorífica muy bien diseñada, con un excelente sistema de refrigeración, aislamiento adecuado, un sistema eficiente de distribución de atmósfera interna a través de los productos conservados.

En cuanto al tamaño de la cámara, no hay datos específicos, pero se puede fijar el tamaño atendiendo a la fruta que se puede vender en un periodo de 4 a 6 meses.

La utilización de atmósferas modificadas debe considerarse, no obstante, como complemento a un adecuado manejo de la temperatura y humedad relativa y conservación frigorífica.

CUADRO 5 Lista de requerimientos y recomendaciones para atmósfera controlada (CA) y atmósfera modificada (MA) para variedades más populares de manzana.

CULTIVO	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	TEMP. (°C)	ALMACENAMIENTO (MESES)
Braeburn	1.8	1.0	0.7	6-9
Fuji	1.4	1.0	0.3	7-11
Gala	1.7	1.6	1.3	2-9
Golden Delicious	1.6	2.3	0.5	7-11
Granny Smith	1.4	2.0	0.6	7-11
Idared	2.1	2.5	1.9	7-10
Jonagold	1.4	2.7	0.9	5-10
McIntosh	2.1	2.9	2.5	5-10
Red Delicious	1.6	1.8	0.	6-11
Royal Gala	1.5	1.8	-0.2	5-8

Kuperferman, (1997)³⁶.

Aunque cada sistema de envasado se comporta de manera particular, la respuesta al uso de películas de polietileno de baja densidad parece seguir los principios básicos descritos con anterioridad en el presente trabajo. La relación correcta entre la permeabilidad al O₂ y al CO₂ de la película de polietileno de baja densidad con la cantidad de fruta a almacenar para lograr la atmósfera más adecuada en el interior del envase³³. Una vez determinada esta relación, el resto

de problemas a solventar para desarrollar el envase se centra en una razonable área superficial para poder acomodar el producto en cajas de cartón corrugado con la permeabilidad requerida ³³.

3.4 Efectos del envasado de manzana fresca con atmósfera modificada

El envasado en atmósfera modificada de frutas frescas, permite a los distribuidores y comerciantes al por menor, reducir las mermas de producto incluyendo las pérdidas por evaporación y descomposición. Por lo que puede asegurarse, a grandes rasgos, que esta tecnología tiene un enorme potencial ⁴².

El hecho de que la modificación de la atmósfera por sí sola sea capaz de impedir alteraciones en la manzana fresca para su almacenamiento, en condiciones de atmósfera modificada, con una refrigeración moderada de 1-5°C teniendo una adecuada dirección de está se logra controlar la humedad relativa a lo largo de todo el proceso, se genera una atmósfera compuesta por 2-3% de O₂ y hasta un 5% de CO₂, esta reducción del oxígeno o el aumento del dióxido de carbono retarda la maduración de la manzana, reduce la respiración y velocidades de producción de etileno retardando sensiblemente la maduración, el ablandamiento y disminuye varios cambios composicionales asociados con la madurez, se produce probablemente sólo una moderada o nula alteración fisiológica, logrando prolongar su calidad comercial.

Las principales ventajas que se atribuyen al uso de la tecnología de la conservación de manzana fresca bajo atmósfera modificada son:

- Conservación más prolongada, logrando con esto reponer las estanterías de venta con menor frecuencia ³⁸.
- Mejor presentación, clara visión del producto y visibilidad en todo el entorno ²⁶.
- Los materiales de envase y empaque permiten el apilado higiénico del producto envasado, cerrado y libre de goteo y olor del producto ³⁰.
- Moderadas pérdidas de peso, reducción de merma a nivel de detallista ⁵⁰.
- Retardo intenso de la maduración comparativamente al que se observa en conservación por frío ¹.
- Mejor calidad de las frutas comercializadas, ya que los beneficios del envasado en atmósfera modificada se pierde cuando se abre o se perfora el envase ³⁴.

La existencia y la magnitud de una respuesta favorable cuando se expone la manzana fresca a una atmósfera modificada. Debe producirse una respuesta clara ya que no todas las variedades responden favorablemente a la regulación de la atmósfera y entre los que responden así hay algunos en los que la diferencia entre el almacenamiento al aire ambiente es despreciable y en atmósfera modificada favorable. Muchas veces se argumenta que el valor del contenido es demasiado bajo para justificar un empaquetado especial.

Parece ser que, fundamentalmente, la utilidad de la envoltura retráctil igual de polietileno de baja densidad estriba en que es capaz de mantener una atmósfera saturada en agua, que prolonga la vida útil del alimento al reducir su retracción y pérdida de peso, también disminuye la incidencia de alteraciones de origen microbiano porque reduce la probabilidad de contaminaciones cruzadas en el interior de los envases².

En Europa, existe un interés creciente, en los supermercados de venta al por menor, por el concepto "bolsa en caja" (bag in box) para envasado en atmósfera modificada. Los productos sin envolver o los que ya están preparados para la venta al por menor, se cargan en bolsas barrera encerradas en una caja exterior de cartón ondulado, que se utiliza como unidad de expedición. El paquete envuelto puede ser enviado hasta el punto de venta, donde una vez abierto las unidades individuales pueden ofrecerse para la venta a los clientes de forma inmediata⁴⁰.

El valor del producto en relación con el costo adicional que supone la utilización de atmósferas modificadas; es obvio que para su utilización generalizada resulta imprescindible una rentabilidad económica.

Conclusiones

- Los beneficios del envasado en atmósfera modificada están en la mejora de la calidad del producto en el punto de venta, reducir los costes económicos, con una producción y distribución más eficaces. A medida que los alimentos envasados en atmósfera modificada están más disponibles para satisfacer la múltiple demanda de los consumidores por seguridad, frescura o componentes nutritivos, con aspecto de frescos, convenientemente empaquetados en términos de tamaño y forma del paquete a un costo aceptable, existen tremendas exigencias para garantizar la seguridad y / o el control de calidad de los productos envasados en atmósfera modificada para satisfacer constantemente estas expectativas de los consumidores.
- Sin embargo, si se selecciona una película plástica de adecuada permeabilidad para la manzana fresca se establece una adecuada atmósfera modificada de equilibrio cuando las intensidades de transmisión de O_2 y CO_2 a través del paquete es igual a la intensidad de respiración del producto de modo que se pueda alcanzar completamente los beneficios del envasado en atmósfera modificada.
- Para tener éxito en cualquier operación de envasado en atmósfera modificada, debe asegurar la integridad del envase y evitar las fugas, ya que los componentes atmosféricos a las concentraciones requeridas se consiguen una vez que los envases se han cerrado herméticamente.

- La reducción de los niveles de O_2 y el enriquecimiento en CO_2 puede reducir la intensidad de la respiración, retrasar la maduración, disminuir la producción y la sensibilidad al etileno, retrasar la pérdida de textura, reducir los cambios en la composición asociados con la maduración, reducir la degradación de la clorofila y alteraciones fisiológicas y los daños por frío del producto fresco, logrando mantener el color, y protegiendo la composición del producto fresco, de modo que se consigue la calidad durante una vida útil más amplia.

BLIBIOGRAFIA

1. Aarón L. B. (1996). Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío. España, Zaragoza.: Acribia.
2. Aarón, L. B. (2000, december). New food packaging polymer and processing techniques. The IFT packaging division's symposium on packaging polimers at IFT's 2000 anual. Food technology. 54(12), 72-74.
3. Aarón, L. B. (2000, june). Smart packaging becomes intellipac. Food technology. 54 (6), 104-107.
4. Alexandre, J. L. (1996). Procesos de elaboración de alimentos. 1996. Valencia: Servicios de publicaciones.
5. Álvarez, R. S. (1998). El manzano. España, Barcelona: Aedos.
6. Amanation, A., Slump, R. A., Gurriss, L. G. M. y Smid E. J. (2000). High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for self-life extension of minimally processed carrots. Journal food science. 65(1), 61-66.
7. Artes F. (1995, Junio). Innovations in physical modulated treatments for preserved postharvest quality of fruits and vegetables_ a review. Ciencia y tecnología de alimentos. 35(3), 247-265.
8. Arthey, D., Ashurst, P. R. (1997). Procesado de frutas. España, Zaragoza: Acribia.
9. Barragán, F. R. Polietileno Tecnología y proceso. Manual práctico para la industria. México, DF.: Acribia.
10. Bartholomai, A. (1985). Fabrica de alimentos. Procesos, equipamiento, costos. España, Zaragoza: Acribia.

11. Benavides, A. y Casero, T. (1999, septiembre). Estrategias de aplicaciones calcicas en precosecha sobre la producción de CO₂ y etileno en manzana golden smoothie conservadas en atmósfera controlada-ULO. VI congreso hispano-luso de fisiología vegetal.
12. Bodini, G. y Cacchi, P. F. (1992). Moldes y maquinas de inyección para la transformación de plásticos. Mc. Graw Hill.
13. Boyette, M.D., Sanders, D. C. y Rutledge, G. A. (2000). Packaging requirements for fresh Fruits and Vegetables.
14. Bureau, G., Multon, J. L. (1996). Food packaging technology volume 1. VCH publishers, inc.
15. Bureau, G., Multon, J. L. (1996). Food packaging technology volume 2. VCH publishers, inc.
16. Burgos, G. J. (1990). Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas. España, Zaragoza: Acribia.
17. Cantwell, M. (1999, december, 19). Características y condiciones recomendadas para el almacenamiento de frutas y hortalizas.
18. Características y usos de los plásticos. (2000). Plastívica, Argentina.
19. Celorio, B. C. (1996). Diseño del embalaje para exportación. México, DF.:instituto mexicano de envase.
20. Cervera, F. A. L. (1998). Envase y embalaje. España, Madrid.: ESIC.
21. Charles, H. (1991). Tecnología de alimentos. Procesos Químicos y físicos en la preparación de alimentos. México, DF.: Limusa.
22. Cheftel, J. Cl., Cheftel, H. y Besancon, Pierre. (1992). Introducción a la bioquímica de los alimentos, volumen II. España, Zaragoza.: Acribia.

23. Del Valle, J. M., Palma M. T. (1997). Temas en tecnología de alimentos. Preservación II, Atmósferas controladas y modificadas. Volumen 1. México, D.F.: CYTED-IPN.
24. Driver, W. E. (1989) plastics chemistry and technology. Litton educational publishing.
25. Duckworth, R.B., Duran T. Y M. Pedro. (1988). Frutas y verduras. España, Zaragoza: Acribia.
26. Envases plásticos propiedades y comportamiento. (2001, enero). Revista envase y embalaje. 2(1), 6-10.
27. Ganau, D., Recasens, I. (1999). Pautas en la producción de etileno y respiración de peras Cus Blanquilla y conference almacenadas en condiciones de atmósfera controlada con bajo oxígeno.
28. Gordón, H. R. y Barden J. A. (1984). Horticultura. AGT, Editor .
29. Hagan, A. T. (1999, december). Food grade Packaging.
30. Hirsch A. (1991). Flexible food packaging. New York.: VNR
31. Holdsworth, S.D. (1988). Conservación de frutas y hortalizas. España, Zaragoza.: Acribia.
32. Hotchkiss, H. J. (1998). Food and packaging interactions. Washington: ACS.
33. kader, A. A., Zagory, D., y Kerbel, E. L. (1989). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Food sience.28, 1-30.
34. Keller, L. (1998). Propiedades y aplicaciones de las películas utilizadas para el embalaje. Empaque performance. 8(6), 53-56.

35. Kramer, S., Aichurich T. R. y Friedrich G. (1982). Fruticultura. México: Continental.
36. Kuperferman, E. (1997). Controlled atmosphere storage of apples. *Postharvest horticulture*. 16 (2), 1-30.
37. Madrid, V. A., Gomez-Pastraña, R. J. M., Santiago, R. F. Madrid, V. J. (1994). Refrigeración, congelación y envasado de los alimentos. España, Madrid.: Iragra.
38. Mclachlan, A. (1984). Pre-packaging pplications to produce modified atmospheres extending the shelf-life of prepared fruti and vegetables. *Polymer technology*.
39. Parry, R. T. (1993). Principles and applications of modified atmosphere packaging of food. España, Madrid.: BA & P.
40. Primo, Y. E. (1987). Química Agrícola III, alimentos. México: Alambra.
41. Ramírez, R. H., Cepeda, S. M. (1993). El manzano. México: Trillas.
42. Rubin I. I. (1999). Materiales plásticos, propiedades y aplicaciones. México, D. F.: Limusa.
43. Sánchez, M. T., Pineda G., Muñoz, C. y Cruz, R. J. (2000, nov). El uso de atmósferas controladas en la conservación de espárragos verdes. *Alimentaria* 317, 125-128.
44. Smolander, M., Kurmer, E. y Ahvenainen R. (2000). Leak idicator for modified-atmosphere packages. Technical research centre of Finland biotechnology and food researc.
45. Stewart, D., Oparka, J. y Johnstone C. (2000). Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on soft fruit quality.

46. Torres L.A.L. (1996). Manual de ingeniería y diseño de envase y embalaje: Terrasa.
47. Vidales G. Ma. D. (1995). El mundo del envase. Manual para el diseño y producción de. España, Barcelona.: Gustavo Gill.
48. Wiley, R.C. y Fernández, T. (1999). Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. España, Zaragoza: Acribia.
49. Wilmer, A. J. Harrington, J. P. (1991). Packaging food with plastics. Technomic Publishing Co.
50. Windaus G. y Peterman E. (1995). Principios para el envasado de alimentos. España, Madrid: ESIC.
51. Woldsworth, S. D. (1988). Conservación de frutas y hortalizas. España, Zaragoza: Acribia.
52. Zagory, O. y Kader, A. A. (1988). Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food technology. 42(9), 70-77.