

00521
137

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**APLICACION DE ATMOSFERAS PARA LA
CONSERVACION DE ALIMENTOS**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
JULIO ROBERTO RODRIGUEZ BAKER

MEXICO, D.F.



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA

2003



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACION

DISCONTINUA

Journal of Management Studies, 2011, Vol. 48, No. 1, 1–12

JURADO ASIGNADO:

Presidente Prof. ERNESTO PEREZ SANTANA
Vocal Prof. FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS
Secretario Prof. HECTOR HORTON MUÑOZ
1er. Suplente Prof. HUGO RUBEN CARREÑO ORTIZ
2do. Suplente Prof. ARTURO NAVARRO OCAÑA

Sitio donde se desarrolló el tema: Facultad de Química, Cd. Universitaria

Asesor del Tema : I.Q. HECTOR HORTON MUÑOZ



Sustentante : JULIO ROBERTO RODRIGUEZ BAKER

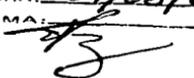


Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas
UNAM a difundir en formato electrónico el
contenido de mi trabajo.

NOMBRE: JULIO ROBERTO
RODRIGUEZ BAKER

FECHA: 07/05/03

SIRMA:



**Con el más profundo agradecimiento a mis padres
por saberme guiar:**

**Manuel Rodríguez
Alicia Baker**

A mi querida esposa Laura por su enorme apoyo y cariño

A mis queridos hijos Roberto y Oscar

A mis hermanos Alicia, Maricarmen, Jorge y Alejandro

**Un agradecimiento muy especial al Ing. Héctor Horton Muñoz
por su valioso, inteligente y tenaz apoyo que siempre me brindó**

INDICE GENERAL

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1 Antecedentes	4
1.2 Objetivo	7
1.3 Importancia	7

CAPITULO II. ATMOSFERAS PARA LA CONSERVACION DE ALIMENTOS

2.1 Características	9
2.1.1 Almacenamiento con Atmosferas Controladas (CAP)	9
2.1.2 Empacado con Atmosferas Modificadas (MAP)	12
2.1.3 Efectos de las Atmosferas Modificadas	12
2.1.4 Ventajas de las Atmosferas Modificadas	15
2.2 Aplicaciones de los Gases	16
2.2.1 Nitrógeno	16
2.2.2 Oxígeno	17
2.2.3 Bióxido de carbono	17
2.2.4 Monóxido de carbono	18

CAPITULO III MECANISMOS DE EMPACADO

3.1 Equipos	20
3.2 Barrido	20
3.3 Vacío Compensado	20
3.4 Materiales de Empaque	23

CAPITULO IV APLICACIONES POR TIPO DE PRODUCTO

4.1 Carnes	29
4.2 Frutas y Verduras	33
4.3 Botanas	36
4.4 Productos de Panadería	41
4.5 Alimentos Preparados	43

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	45
5.2 Recomendaciones	46

ANEXOS

<u>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</u>	58
--------------------------------	----

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

Como muchos otros procesos para la conservación de alimentos, el control de atmósferas fue descubierto como un hallazgo inesperado.

Las Atmósferas Modificadas (MAP) es una técnica muy antigua que se utilizó por los chinos y los egipcios, entre otros, desde hace miles de años para la preservación de diferentes tipos de alimentos. Sin embargo, fue hasta los años de 1819 – 20 cuando Barnard en Francia y Nyce en Estados Unidos, hicieron las primeras observaciones sobre el efecto de las Atmósferas Modificadas en la maduración de frutas.

A principios del siglo XX, las carnes de res y carnero se enviaban a Inglaterra desde Australia y Nueva Zelanda, manteniéndolas frescas mediante el uso de bióxido de carbono o hielo seco. Los científicos de entonces no habían aún determinado el efecto del CO₂ sobre los microorganismos.

El primer trabajo experimental para desarrollar la técnica de Atmósfera Controlada en forma de tecnología sucedió en la década de los años veinte por los ingleses Kidd y West , quienes encontraron que la disminución de la concentración de O₂ ó el incremento en la concentración de CO₂ reduce la velocidad metabólica de la manzana y por lo tanto prolonga su vida en postcosecha.

Desde ese entonces, la tecnología del almacenamiento en atmósferas controladas se ha mejorado. Actualmente este método se utiliza ampliamente para manzanas y peras en diversas partes del mundo. Aunque la aplicación comercial de las (CAP) en otros productos hortícolas aún se encuentra muy restringida, este método tiene un gran potencial para muchas frutas y vegetales.(4)

Las investigaciones de Kidd y West establecieron las bases científicas del método de conservación hasta entonces empírico, de incrementar el contenido del CO₂ y reducir el de O₂ en vehículos de transporte y bodegas, para prolongar la vida útil de las manzanas frescas (11).

El control de la respiración normal en manzanas y peras almacenadas se extendió rápidamente durante los 30's tanto en Nueva York, como en el Noroeste del Pacífico.

En las décadas de los 30's y 40's las manzanas frescas así como las peras eran almacenadas en bodegas refrigeradas cerradas con atmósferas controladas. Las actividades metabólicas normales de las frutas reducían el contenido de O₂ y aumentaban el de CO₂ dentro de la bodega. Esto era suficiente para disminuir la respiración, pero las frutas desarrollaban un sabor poco usual (fermentado), que mas tarde se asocian con la ausencia de O₂.

Estudios posteriores demostraron que al eliminar el O₂ para disminuir la velocidad de respiración se provoca el proceso de fermentación y producción de cetonas, aldehídos y alcoholes y no de CO₂ y el resultado es la putrefacción anaerobia (2,8).

Desde la década de los 50's y aún actualmente, las concentraciones elevadas de gas etileno se emplearon en cámaras cerradas para acelerar la maduración de frutas, principalmente de plátano.

Estos fueron los principios de lo que actualmente se conoce como procesos de conservación y empaque por Atmósferas Controladas o Modificadas. (13,7).

También en los años 50, Whirlpool Corporation, desarrolló un método de control de atmósferas para carnes, frutas, y vegetales dentro de un gabinete empleando CO₂.

Aunque su principal objetivo era lograr extender la vida de anaquel del producto, manteniéndolo en refrigeradores caseros, sin embargo, no fue posible esto, ya que se necesitaban temperaturas más bajas, el concepto fue rápidamente adoptado para la distribución industrial de frutas y productos cárnicos.

Tres años más tarde este concepto se llamó " Tectrol " y se aplicó al control del ambiente en bodegas empleando un quemador de gas para reducir el O₂.

A mitad y finales de los años 60, cientos de bodegas de manzanas y peras, en todo Estados Unidos y el Oeste de Europa, eran equipadas con sistema " Tectrol " para incrementar su vida de anaquel.

El nombre del sistema " Tectrol ", fue cambiado por el de " Transfresh ", pero el concepto fue el mismo. Posteriormente durante la intervención de Estados Unidos en Vietnam a finales de los años 60's y principios de los 70's, se establecieron rápidamente laboratorios de investigación en los Estados Unidos, donde utilizaron el sistema " Transfresh " para enviar verduras, fruta fresca y carne a Vietnam para alimentar a las tropas americanas.

El uso de Atmósferas Controladas fue utilizado por primera vez en Europa en los años 70's y desde entonces se aceptó esta técnica como un método de control del crecimiento de microorganismos, prolongando así, la vida útil y el aspecto de los alimentos.

Actualmente los procesos CAP/MAP, se usan extensamente en Estados Unidos para procesar pollo y carne de cerdo, aunque se emplean más ampliamente en botanas y alimentos precocidos que requieren sólo un sencillo recalentamiento antes de su consumo, como son: el pollo frito y algunos tipos de pan. (5,6).

1.2 Objetivo

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer en que consiste la aplicación de Atmósferas Modificadas (MAP) y en que tipos de alimentos son susceptibles de aplicarlas durante sus procesos de empaçado, así como identificar los principales beneficios que obtendrían tanto el procesador de alimentos como el público consumidor.

Las atmósferas Controladas (CAP) no se tratarán en el presente trabajo de una manera amplia ya que su aplicación forma parte de los procesos de acopio, transporte, almacenamiento y acondicionamiento de vegetales y frutas que no requieren del empaçado por manjarse a granel, sin embargo se mencionarán sus principales características y beneficios.

1.3 Importancia

El proceso de Atmósferas Modificadas (MAP), es una tecnología relativamente nueva en el área de proceso y conservación de alimentos, y se considera una opción competitiva desde el punto de vista de la comercialización de alimentos frescos, comparativamente con algunos otros métodos tradicionales como el enlatado de alimentos, el envase al vacío y la congelación.

Su competitividad se basa en que incrementa considerablemente la vida de anaquel de los alimentos, conservándolos frescos sin necesidad de agregar aditivos o conservadores químicos.

Esto es de gran importancia en México, ya que existe una marcada tendencia del consumidor a preferir los alimentos frescos sobre los congelados o enlatados.

Esta tecnología en México comienza ya a utilizarse por grandes empresas elaboradoras de alimentos, principalmente de botanas, sin embargo sería de gran importancia su aplicación generalizada ya que aportaría diversas posibilidades a la conservación de la calidad de los

alimentos, asimismo solucionaría los problemas de la estacionalidad del alimento y de la disponibilidad del mismo, ya que al conservarse fresco el alimento por períodos de tiempo más largos que con otros métodos de conservación se lograría llevar el producto a lugares más lejanos ó evitando un recambio constante.

Al considerar el uso de Atmósferas Modificadas se deberá contar con un fabricante con alta experiencia en la producción de O₂, N₂, CO₂, etc., con grados de pureza garantizados, concentraciones precisas en la preparación de sus mezclas, un abasto permanente, así como el ofrecimiento de la asesoría técnica necesaria para su aplicación.

2.1 Características**2.1.1 Almacenamiento con Atmósferas Controladas (CAP).**

Es el proceso mediante el cual es desplazado el aire por otros gases, normalmente por nitrógeno y bióxido de carbono en almacenes o grandes contenedores, para controlar la frescura de los productos, principalmente durante su almacenamiento o embarque. Dicha atmósfera gaseosa puede ser monitoreada y mantenida a concentraciones deseadas.

Un buen almacén con Atmósfera Controlada deberá tener un control preciso de la composición atmosférica además de la temperatura y humedad en el almacén. Por ejemplo, un almacenamiento típico con Atmósfera Controlada para manzanas Mc Intosh en Nueva York se mantiene a 2% O₂, 95 % N₂, 3 % CO₂, 3° C y 90 a 95 % de humedad relativa. En un cuarto de (CAP) y bajo etileno, la concentración de este gas se mantiene por debajo de 1 ppm. Las mejores condiciones de almacenamiento para diversos cultivares de manzanas es de 1 a 3 % O₂, 2 a 5 % de CO₂ y 0 a 3°C , con 90 o 95 % de humedad relativa . Las principales ventajas del almacenamiento (CAP) sobre el almacenamiento en refrigeración son el mantenimiento efectivo de la calidad, menores desórdenes propios del almacenamiento y una vida de almacenamiento más prolongada de los productos. Por ejemplo las manzanas Mc Intosh pueden ser mantenidas en su calidad óptima únicamente de 1 a 2 meses en almacenamiento refrigerado, pero en (CAP) pueden durar de 5 a 7 meses .

Desde el punto de vista de fisiología postcosecha, la reducción en la concentración de O₂ y el incremento de CO₂ en la atmósfera de almacenamiento disminuye la velocidad de respiración, producción de etileno, maduración y senescencia de las manzanas y de muchos otros productos hortícolas.

La construcción de un almacén de (CAP) no difiere mucho de la de uno refrigerado, con excepción de que el almacén con (CAP) tiene que ser hermético. El sello de gases para las paredes, techo y piso del almacén se logra adecuadamente con poliuretano expandido (Bartsh y Blanpied, 1984). Cuando este material o tecnología no se encuentra disponible pueden utilizarse paneles prefabricados de poliuretano o láminas metálicas. El almacén de (CAP) también requiere de una puerta con cierre hermético, una entrada pequeña de aire con un controlador de flujo y un ventilador y algún tipo de instrumento para regular la presión e impedir un desequilibrio entre el interior del cuarto y el medio ambiente. Un plástico permeable y flexible o una trampa de agua (Bartsh y Blanpied, 1984) pueden nivelar el desequilibrio de las presiones.

Debido a que las concentraciones de O_2 y CO_2 tienen que ser controladas en un almacén de (CAP) estos gases deben analizarse diariamente. El analizador de gases Orsat, que es bastante sencillo y confiable, ha sido utilizado y aún se utiliza en muchas operaciones comerciales para analizar O_2 y CO_2 . Sin embargo, algunas operaciones de instalación más reciente utilizan analizadores electrónicos que son más rápidos y pueden llevar a cabo un monitoreo automático de los gases.

Después de que los productos hortícolas son colocados en un cuarto sellado de (CAP), éstos respiran y disminuyen gradualmente la concentración de O_2 y aumentan la de CO_2 en la atmósfera de almacenamiento. Como la mayoría de los productos no pueden tolerar concentraciones altas de CO_2 en el almacenamiento, el CO_2 en exceso tiene que ser eliminado. Aunque hay muchos tipos de eliminadores de CO_2 del ambiente, los más comunes son el hidróxido de calcio, el carbón y la malla molecular.

La cal puede ser colocada ya sea directamente en el almacenamiento o en una capa que se conecte al almacén, a través de tuberías. En el sistema anterior, el aire del interior del cuarto se forza a través de la tubería y pasa por medio de la caja con cal para disminuir la concentración de CO_2 cuando ésta es muy elevada. El CO_2 absorbido en el carbón o en la malla molecular es posteriormente liberado al aire por medio de ventilación de los

mecanismos eliminadores con aire fresco. Sin embargo, la malla molecular tiene que ser calentada para liberar el CO₂.

Aunque la concentración de O₂ en un almacén de (CAP) puede ser disminuída por la respiración de los productos almacenados, la reducción por este proceso es muy lenta. En el almacenamiento de manzanas por ejemplo, puede tomar dos semanas o más el reducir el O₂ en la atmósfera del cuarto de un 21 % a un 3 %. Para acelerar la velocidad de reducción del O₂ y aumentar el beneficio del sistema de (CAP) se han utilizado varios generadores . En el generador de flama abierta, el O₂ se consume por medio de la combustión de gas propano. En los quemadores catalíticos, el propano se combina con el aire con la ayuda de catalizadores. En el quemador de amoniaco, este compuesto se degrada a N₂, H₂ y el H₂ se combina con O₂ para formar agua. En estos sistemas, la atmósfera generada rica en N₂ y con algo de CO₂ y H₂O se introduce al almacén para disminuir la concentración de oxígeno. Recientemente, un número cada vez mayor de almacenes (CAP) utilizan N₂ líquido para purgar los cuartos de almacenamiento y reducir el O₂. Además, dos métodos nuevos han sido utilizados para separar el O₂ del N₂ en el aire y la porción rica en N₂ se introduce luego al almacén para reducir la concentración de O₂ . Un sistema utiliza malla molecular de carbono (Sistema de Presión y Adsorción) y el otro utiliza una membrana de fibra hueca (e.g. Sistema Alfa Prisma) para separar el O₂ y el N₂ en el aire.

Si el almacén de (CAP) es demasiado hermético, las concentraciones de O₂ pueden reducirse a niveles dañinos para la respiración de los productos. Cuando esto se detecta por medio del análisis de gases, un volumen pequeño de aire fresco debe ser introducido al cuarto a través de la ventila.

Descripciones más detalladas de la tecnología de (CAP) están disponibles en Bartsch y Blanpied (1984) y Blankenship (1985). Las frutas y vegetales que presentan características adecuadas para ser almacenadas en (CAP) se mencionan en Bartsch y Blanpied (1984) y Kader *et al.* (1984). Algunas de éstas son manzanas, chabacano.

cereza, higo, uva, kiwi, nectarina, durazno, pera, p rsimo, ciruela, fresa, aguacate, plátano, toronja, limón, lima, aceituna, naranja, mango, papaya y piña.

Algunos de los vegetales que pueden almacenarse favorablemente en (CAP) son la alcachofa, espárrago, ejotes, betabeles, brócoli, col de Bruselas, col, melón, zanahoria, coliflor, apio, maíz dulce, pepino, melón gota de miel, lechuga, champiñones, cebolla, chiles, espinaca y tomate.

La aplicación comercial de las (CAP) para almacenamiento de frutas y vegetales que tienen una vida corta es generalmente difícil o antieconómica. Sin embargo, la aplicación del almacenamiento en (CAP) puede ser extendido utilizando cámaras de almacenamiento de tamaño reducido dentro de las cámaras de refrigeración tradicionales, en lugar de utilizar las cámaras convencionales herm ticas de (CAP) de gran tamaño. (4)

2.1.2 Empacado con Atmósferas Modificadas (MAP).

Este proceso consiste en el desplazamiento del aire por otros gases puros y mezclas durante el empacado de productos para su distribución y venta al público. El empaque al ser llenado con algún tipo de gas y sellado, su atmósfera ya no podrá ser ajustada.

Los gases empleados para el empacado son nitrógeno, bióxido de carbono, oxígeno o combinaciones de éstos para que los alimentos adquieran vidas de anaquel más prolongadas manteniendo su frescura.

2.1.3 Efectos de las Atmósferas Modificadas

Mediante la utilización de los gases de protección , se obtienen 3 efectos fundamentales en los alimentos:

- 1.- Prevenir la entrada de microorganismos.
- 2.- Destruir los microorganismos que pueden encontrarse en los alimentos.

3.- Inhibir los mecanismos de deterioro que van asociados a los productos frescos como son:

- Envejecimiento.
- Crecimiento bacteriano y de hongos.
- Oxidación.
- Acción enzimática

La utilización de este sistema se basa en la modificación de la atmósfera que rodea al alimento, de tal modo que afecte el crecimiento de los microorganismos que éste pueda contener, de acuerdo con las características de la flora microbiana, además de evitar los procesos metabólicos de oxidación asociados a los procesos de deterioro.

Todos estos principios serán válidos siempre y cuando no perdamos de vista que durante el empaquetado algunos alimentos, sobre todo los frescos, continúan con sus procesos respiratorios que deberemos permitir para no provocar pérdidas de calidad en los alimentos.

Al aplicar Atmósferas Controladas o Modificadas se realiza una disminución de la velocidad de respiración tanto de los tejidos celulares como de los microorganismos.

Los microorganismos crecen y se reproducen por las mismas reacciones de respiración aeróbica como los alimentos. En general, la respiración aeróbica es descrita por:



Por la Ley de Acción de Masas, se entiende que la respiración podría ser retardada al limitar la concentración de O_2 mediante el aumento del nivel de CO_2 y de vapor de agua.

En las **Atmósferas Controladas o Modificadas** el nivel de O_2 es reducido y el de CO_2 y el vapor de agua se incrementan, de esta manera se retarda, pero no se detiene el proceso normal de respiración tanto de microorganismos como del alimento en el caso de frutas y verduras frescas.

En la práctica, la acción inhibidora del CO_2 y el oxígeno son independientes una de otra; por ejemplo, el CO_2 actúa por un mecanismo y el oxígeno actúa por otro.

En el retraso del deterioro del alimento, el oxígeno pierde interferencia con el proceso respiratorio y la disolución del CO_2 en la célula reduce el pH, el cual interfiere con el metabolismo aeróbico celular.

Los efectos de reducción del O_2 en el proceso respiratorio de hortalizas depende de su anatomía, morfología, fisiología y bioquímica del alimento.

En la ecuación básica de respiración se obtiene agua en la parte derecha de la ecuación como una fuerza directora. Asimismo el agua es capaz de dirigir la reacción en dirección contraria. De otra manera, la presencia de un exceso de vapor de agua o agua líquida en la superficie del alimento provee un ambiente apto para el crecimiento de microorganismos. El exceso de agua puede crear presión osmótica de las células y entonces alterar el volumen del alimento.

La velocidad de la reacción de deterioro va a depender de múltiples factores incluyendo la concentración de agua, la temperatura y las características del producto en fase de maduración.

El sistema de empaque con **Atmósfera Modificada** mantiene cinco componentes básicos:

- Producto
- **Atmósfera Modificada**
- Materiales de empaque

- Equipo de empaque
- Condiciones de almacenamiento

2.1.4 Ventajas de las Atmósferas Modificadas

- a) Para el envasador:
 - Mejor planificación de la producción.
 - Reduce el uso de conservadores y colorantes.
 - Diferentes alternativas de presentación.
 - Sellado hermético: No se modifica la calidad envasada durante la comercialización.
 - Crea un valor agregado.
- b) Para el distribuidor:
 - Reducción de costos de distribución al ampliar rutas.
 - Mejor manejo sin problemas de contaminación.
 - Menor peso del empaque.
 - No requiere reenvasado posterior.
- c) Para el consumidor:
 - Imagen de calidad y buen aspecto del producto.
 - Satisface los deseos del consumidor al ofrecerle productos frescos.
 - Aprovechamiento de las cualidades nutricionales del producto debido a la ausencia de descomposiciones (alimentos sanos, seguros).

El proceso de Atmósferas Modificadas en el empaquetado de alimentos es una tecnología relativamente nueva en el área de proceso y conservación de alimentos y se considera una opción competitiva desde el punto de vista de la comercialización de alimentos frescos, comparativamente con algunos otros métodos tradicionales como el enlatado, el envasado al vacío y la congelación.

Su competitividad se basa en que incrementa la vida de anaquel de los alimentos, manteniendo sus propiedades nutricionales, conservándolos frescos y sanos sin necesidad de agregar aditivos o conservadores químicos.

Las características de color, sabor y textura no se alteran, por lo que el alimento es de alta calidad, además de que el producto tendrá una estabilidad microbiológica más alta.

Por otro lado el consumidor se beneficia, ya que al adquirir un producto empacado mediante este proceso, tendrá una mayor seguridad de que el alimento está fresco y sin contaminación, seguro.

Esto es de gran importancia en México, ya que cada vez se incrementa la preferencia del consumidor hacia los alimentos frescos sobre los congelados o enlatados.

2.2 Aplicaciones de los Gases

2.2.1 Nitrógeno

La propiedad esencial del nitrógeno es la de ser un gas inerte, es decir, un gas que, en condiciones normales de temperatura y presión no reacciona y no tiene ninguna acción química sobre el alimento a proteger. Su principal función es la disminución o incluso la total eliminación del oxígeno.

El oxígeno provoca el enrarecimiento de los productos que contienen materias grasas, deteriorando, por la formación de peróxidos, el sabor y el olor de esos alimentos.

Además, el oxígeno favorece la alteración de las vitaminas A y B y el desarrollo de mohos, insectos y organismos aeróbicos, principales agentes agresores.

La reducción de los niveles de oxígeno en el empaque hasta una concentración menor del 2 % retarda la formación de sabores rancios.

2.2.2 Oxígeno

El oxígeno tiene tres funciones básicas, cuando es empleado en una mezcla de gases como atmósfera protectora:

- a) Sostiene el metabolismo básico de aquellos alimentos que respiran libremente como son frutas y vegetales.
- b) Concentraciones elevadas de oxígeno inhiben el crecimiento de ciertas bacterias anaeróbicas como la *Moraxella* y la *Actinobacteria*.
- c) Una concentración de oxígeno con un exceso del 5% es necesaria para mantener la forma oxidada de la mioglobina y hemoglobina y prevenir la conservación irreversible del pigmento rojizo de la carne fresca en una coloración parda.

Ahora bien, el oxígeno puede ser perjudicial por su acción oxidante en alimentos con un alto contenido lípido, y favorece el crecimiento bacteriano aeróbico, por consiguiente, se debe controlar su concentración muy rigurosamente, para conseguir un óptimo efecto.

2.2.3 Bióxido de Carbono

Tiene un fuerte efecto de inhibición del crecimiento de las bacterias cuando su proporción se sitúa como mínimo al 10 % en la mezcla, al actuar sobre ciertas enzimas bacterianas descarboxilantes.

Dicha acción se incrementa con la disminución de la temperatura. Por ejemplo, una concentración de CO₂ en torno al 20 % tiene inhibición bacteriana a una temperatura no superior a 10° C, mientras que si ésta concentración tan solo es del 10 %, la temperatura activa se reduce a los 5° C.

La utilización del CO₂, si bien es realmente efectiva para la conservación de los alimentos, exige que su utilización sea determinada muy específicamente. Esto se debe a que su solubilidad en agua y en grasas puede formar ácido carbónico dando lugar a una cierta acidez al producto. También concentraciones elevadas de CO₂ causan un oscurecimiento en la carne fresca como resultado de una disminución del pH.

Distintos estudios han demostrado que la concentración máxima aconsejable de CO₂ es del 25 % para no causar un oscurecimiento de ciertos alimentos, como carne roja, si bien se cree que dicho efecto ya es palpable a partir de una concentración superior al 20 %, este efecto se puede reducir con un exceso de oxígeno del 5 % . (10)

2.2.4 Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro e insaboro, explosivo en concentraciones entre 12.5 % y 74.2 % en volumen en aire. Es un gas proveniente de una combustión incompleta y es generalmente asociado a la combustión de autos. El monóxido de carbono es extremadamente tóxico para sistemas vivientes.

Durante varios años el monóxido de carbono (CO) en concentraciones de un 2 % a 3 % ha sido utilizado como un complemento en Atmósferas Modificadas durante la transportación de lechugas actuando como un inhibidor de la decoloración. Recientemente se ha demostrado que existen algunos beneficios adicionales del CO como son:

1.- Concentraciones de 1 % a 5 % de CO reducen al O₂ de un 2 % a un 5 % en una atmósfera, inhibiendo la decoloración de la lechuga y el daño a los tejidos por su manejo mecánico. Efectos similares han sido observados en otros productos. Esta inhibición de la decoloración es perdida en el momento en que el producto es retirado del empaque y entra en contacto con el aire.

2.- Concentraciones de un 5 % a un 10 % de CO adicionadas a Atmósferas Modificadas se ha encontrado que inhiben el crecimiento de varios microorganismos patógenos

postcosecha y previenen el desarrollo de su descomposición en varios frutos y vegetales. Los efectos fungicidas del CO son maximizados en niveles de O₂ menores a un 5 %.

3.- Aunque el CO solo no se encontró ser un efectivo fumigante para el control de insectos en lechugas cosechadas, es posible utilizarlo junto con otras combinaciones de gases mereciendo promover su investigación. (1)

En cortes de carne roja el CO en concentraciones entre el 1 % y el 5%, inhibe su oscurecimiento por combinaciones con el pigmento reducido de la mioglobina para formar el pigmento rojizo, carboximioglobina, estable ante la oxidación.

El CO también inhibe la rancificación al reducir la concentración de los derivados de la mioglobina libres, los cuales, son catalizadores de la oxidación lipídica. (10).

CAPITULO III **MECANISMOS DE EMPACADO**

3.1 Equipos

Los proveedores de equipos de empaque y los fabricantes de películas han sido los principales promotores del empackado con Atmósferas Modificadas, comenzando con aplicaciones en panadería en los 70's y posteriormente el barrido de empaque para carne, pescado y almuerzos en 1981. Existen actualmente dos sistemas básicos de empackado empleados para Atmósferas Modificadas.

3.2 Barrido

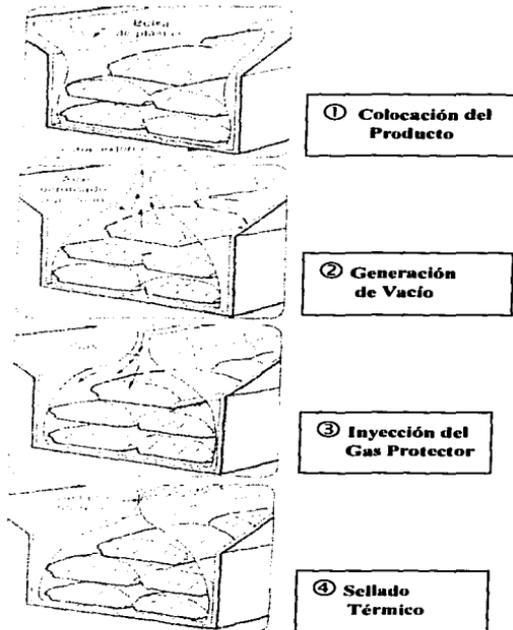
El barrido es el sistema más simple de los dos, es aplicado en máquinas de formado-llenado-sellado. El rollo de película para cada tipo de empaque es formado en un túnel con movimiento continuo para hacer el sello a todo lo largo. La mezcla de gas fluye constantemente a través del túnel con el producto, inmediatamente es sellado para separar paquetes individuales.

El flujo de gas desplaza al aire pero no puede eliminarlo totalmente. Niveles de oxígeno residual de 2 - 5 % pueden permanecer siempre y cuando el oxígeno no sea agregado intencionalmente. Velocidades superiores a 20 paquetes por minuto son alcanzadas.

3.3 Vacío Compensado

El vacío compensado es el segundo mecanismo usado en cámaras de termoformado. este tipo de equipo hace un vacío de 10 pulgadas de mercurio o más, y entonces se agrega la mezcla de gas al empaque. Este tipo de maquinaria es adaptable a muchos tamaños y tipos de empaque de película en rollo, incluyendo materiales rígidos que son moldeados para acomodar el producto. El vacío y la inyección son controlados a velocidades de 4 -18 paquetes por minuto.

EMPACADORAS AUTOMATICAS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. No. 1

Fuente: Atmósferas de Protección para Alimentación, Food Gas 1991, Argón, S.A. España.

La maquinaria que ha sido previamente empleada en empaque al vacío puede ser convertida para compensar el vacío en el empaque con Atmósfera Modificada.

MECANISMO DE EMPACADO DE BANDEJAS CON ATMOSFERA MODIFICADA

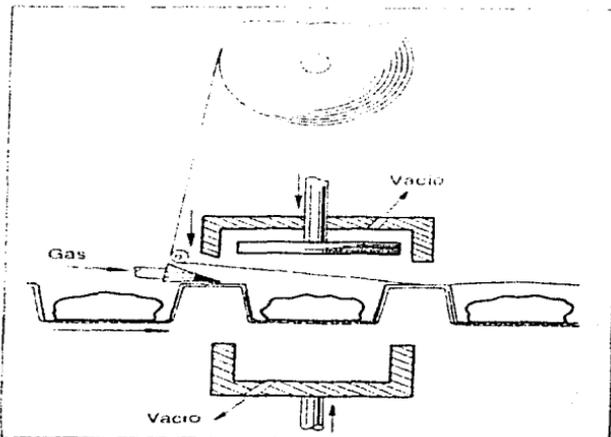


Fig. No. 2

Fuente: Atmósferas de Protección para Alimentación, Food Gas 1991, Argón, S.A. España.

Ejemplo de maquinaria puede ser, Multivac A 316 y A 352 de una campana ó AG 800 y AG 6 de 2 campanas. Esta empresa ha vendido unas 40 mil máquinas en 80 países durante las últimas dos décadas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.4 Materiales de Empaque

Es necesario que las máquinas de empaqueo con **Atmósferas Modificadas** utilicen films plásticos, rígidos y flexibles, de características adecuadas al producto que se esté empaquando.

El empaque debe asegurar:

- Coeficiente de transmisión de humedad bajo, para evitar las pérdidas de los fluidos básicos del alimento que le proporcionan todas sus características.
- Flexibilidad y resistencia mecánica.
- Distinta permeabilidad a los gases como O₂, CO₂, y N₂ para asegurar en lo posible la composición de la **Atmósfera Modificada** (1).

Las propiedades de la celulosa y de las películas plásticas son adecuadas para la fabricación de empaques, por lo que son de uso corriente, en combinación con otros materiales de empaque, en la manufactura de recipientes para alimentos.

Las características de las películas utilizadas en el empaqueo con **Atmósferas Modificadas** difieren considerablemente, puesto que cada plástico tiene valores diferentes de permeabilidad a la humedad y a los gases, resistencia, elasticidad, inflamabilidad y resistencia a la penetración de insectos y muchas de éstas características dependen del espesor de la película.

Por ejemplo en la fig. 3, se muestran las características más importantes de algunos plásticos utilizados comúnmente para el empaqueo de alimentos.

PRINCIPALES PLASTICOS EMPLEADOS EN EL EMPAQUE DE ALIMENTOS

Polietileno	Durabilidad, se sella con calor, baja permeabilidad al vapor de agua, buena resistencia química, buena actuación a baja temperatura y bajo costo.
Copolímero de cloruro de polivinilideno	Rigidez, aspecto reluciente, estabilidad dimensional, baja permeabilidad al vapor de agua, imprimibilidad.
Cloruro de polivinilo	Resistencia a agentes químicos, aceites y grasas, se sella con calor.

Fig. No. 3 Fuente: Bristen, L.L. Katan : Plastics in Contact with the Food 1^a. Edition. Ed. London; Food Trade Press LTD, 1974: 102,104.

Los materiales de empaque empleados con Atmósferas Modificadas deben complementarse con el producto y la mezcla de gases. Para cumplir con esto las características de las películas deberán ser permeables al gas y al agua, facilidad de sellado y resistencia a la perforación. Otras consideraciones incluyen la necesidad de resistir mecánicamente, compatibilidad de la película y el material de la charola con los equipos de empaque y la facilidad de etiquetarlos y preimprimirlos.

Las películas se clasifican como " barrera " o " permeable " y son comúnmente referidas por la abreviación de su composición química.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Abreviaciones para Películas Plásticas

EVA	Etil Vinil Acetato
EVOH	Etil Vinil Alcohol
LDPE	Polietileno de Baja Densidad
OPP	Polipropileno Orientado
PA	Poliacetato
PC	Policarbonato
PE	Poliéster
PET	Polietilén Tereftalato
PP	Polipropileno
PVAI	Alcohol Polivinílico
PVdC	Cloruro de Polivinilo
PE	Policetileno

Las películas plásticas que previenen un intercambio son consideradas como barreras o altas barreras, aquellas que solo reducen ligeramente el intercambio de gases son llamadas permeables.

Las barreras plásticas son requeridas durante el empaque con **Atmósferas Modificadas** para mantener la atmósfera interior durante el mayor tiempo posible. Las películas permeables son aquellas que permiten que el oxígeno, bióxido de carbono y humedad puedan escapar y el nitrógeno permanezca en el interior. El bióxido de carbono tiene la mayor capacidad de permeabilidad por lo tanto aquellos productos que requieren bióxido de carbono requerirán laminados densos.

La importancia de los materiales de empaque no puede ser subestimada considerando no solo satisfacer los requerimientos de barrera o permeabilidad sino también considerar su higiene, manejo, durabilidad y apariencia visual así como el sellado.

SELECCIÓN DE MATERIALES DE EMPAQUE

PRODUCTO	VIDA DE ANAQUEL (días)	TEMP. (° C)	ESTRUCTURA
Rosca de mantequilla	82	21	PET/PVdC/PE
Rebanadas de carnes frías envasadas en VAC PACK	40	4	PVdC, celulosa
Carnes frías con MAP	40	4	PA/PE PVdC/PE
Vegetales MAP	10	7	PET/PE/PVdC PVdC/PE/PVdC
Carne roja MAP	10	1.5	PET/PVdC PVdC/PE
Pollo MAP	16	1.5	PET/PVdC/PE
Pescado fresco VAC	7	1.5	PA/PE
Pescado fresco MAP	3 - 4	1.5	PET/PE/PVdC PVdC/PE PET/PVdC/PE
Leche en polvo para café	2 años	Ambiente	PET/PVdC
Queso	--	1.5	PET/PE/PVdC

Fig. No. 4. Fuente: Liquid Carbonic MAP Suggested, Dec. 1986.

Tanto en bolsas como en charolas, deberán emplearse materiales de contacto cuyas caras soldables tengan composiciones iguales o compatibles como los polietilenos de baja densidad.

A continuación se mencionan algunos ejemplos sobre las combinaciones de los materiales empleados.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

I. FILM SUPERIOR DE BANDEJAS Y BOLSAS

a) POLIESTER/PVdC/POLIETILENO

Poliéster orientado saranizado y polietileno. Adecuado para productos que requieran un empaque con buenas propiedades barrera ópticas y térmicas.

Aplicaciones: productos cárnicos, ahumados, salchichas, productos pasteurizados.

b) PVdC/CELOFAN/PVdC/POLIETILENO

Buenas propiedades barrera y ópticas.

Aplicaciones: pastelería, pastas, sopas.

c) POLIAMIDA/POLIETILENO

Poliamida con permeabilidad selectiva al CO₂.

Aplicaciones: quesos y productos cárnicos curados.

d) POLIESTER/PROPILENO

Alta resistencia térmica.

Aplicaciones: precocidos y patés.

2. FILM INFERIOR DE BANDEJAS

a) POLIAMIDA/POLIETILENO

Fácilmente termoformable.

Buena resistencia térmica.

Aplicaciones: salchichas, productos cárnicos frescos y curados, pastelería y quesos.

b) POLIAMIDA/PVdC/POLIETILENO

Buenas propiedades barrera.

Aplicaciones: productos cárnicos, pastelería y frutas secas.

- c) **POLIAMIDA/POLIPROPILENO**
 Termoformable.
 Óptima resistencia térmica.
 Aplicaciones: precocinados y vegetales preparados.
- d) **PVdC/POLIETILENO**
 Buenas propiedades ópticas.
 Envase rígido termoformable.
 Aplicaciones: carne fresca, pescados, pasta fresca y pastelería.
- e) **PVdC/POLIETILENO**
 Termoformable
 Envase rígido.
 Buenas propiedades barrera.
 Aplicaciones: pasta fresca, pastelería y frutas secas.

(10)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

SECCION BANDEJA

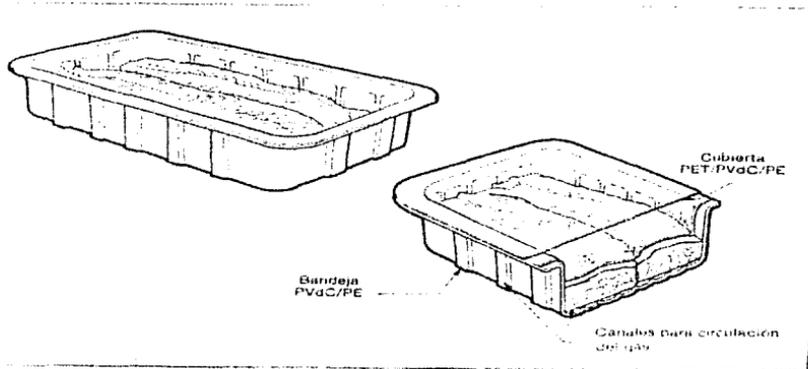


Fig. No.5

Fuente: Atmósferas de Protección para Alimentación, Food Gas 1991, Argón, S.A., España.

CAPITULO IV
APLICACIONES POR TIPO DE PRODUCTO

4.1 Carnes

Las técnicas de empaçado al vacío para carnes procesadas, se desarrollaron después de la Segunda Guerra Mundial y se utilizaron primero para carne de pollo y más tarde para carne roja fresca (1960), el vacío aplicado a la carne fresca para distribución fue bien aceptado; sin embargo, no fue así cuando se usaba el vacío para consumo inmediato, ya que el consumidor veía el color púrpura, no el rojo.

Para obtener este color rojo, la carne antes de ser mostrada al consumidor era expuesta al aire para llevar a cabo la reacción de oxidación.



El color rojo característico de la " carne fresca " es el resultado de la interacción del O₂ molecular con la mioglobina para formar libremente oximioglobina. Este color (rojo), el cual es transitorio se le considera como un indicador de " frescura " aunque no hay correlación del color rojo con la edad o condición de la carne procesada. El color rojo solo puede ser logrado en presencia del O₂.

A continuación se muestra una tabla en donde se enumeran una serie de productos cármicos y embutidos con las concentraciones de gases más comúnmente usados.

**Concentraciones de Gases para Productos Cárnicos y Embutidos, Empacados con
Atmósferas Modificadas**

Producto	O₂ (%)	CO₂ (%)	N₂ (%)	Vida de Anaquel Días
Carne de res (Bistecck)		40	60	18 - 21
Carne de cerdo (Lomo)		20	80	18 - 21
Carne de res	66	25	9	15
Jamón		50	50	Más de 30
Jamón cocido	3	60	37	Más de 30
Carne para Hamburguesas	5	75	20	—
Pollo entero		1	99	—
Pollo en piezas	45	45	10	Más de 21
Salchicha		75	25	Más de 21

Fig. No.6. Fuente: S.C. Seideman, C. Vanderzant, G.C. Smith, C.W. Dill and Z.L. Carpenter. Appearance Of Beef and Lamb Stored in Vacuum or Modified Gas Atmospheres, Journal of Food Protection Vol. 43 No. 4, pages 252 - 258 (april, 1980). Liquid Carbonic Co. : MAP Evaluation of " Wafer" Sliced Ham, Ed. Liquid Carbonic Corp. 1989.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Empaque al Vacío VS. Atmósfera Modificada

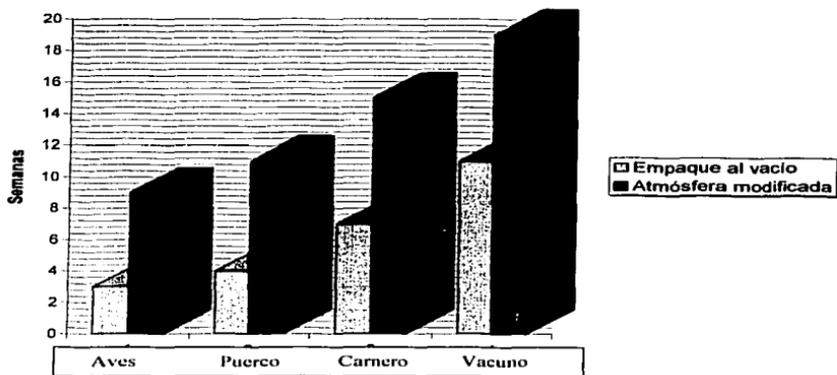


Fig. No. 7 Fuente: Packg. Alimentaire, '89 .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Descomposición de la Carne pH Vs. Condiciones de Envasado

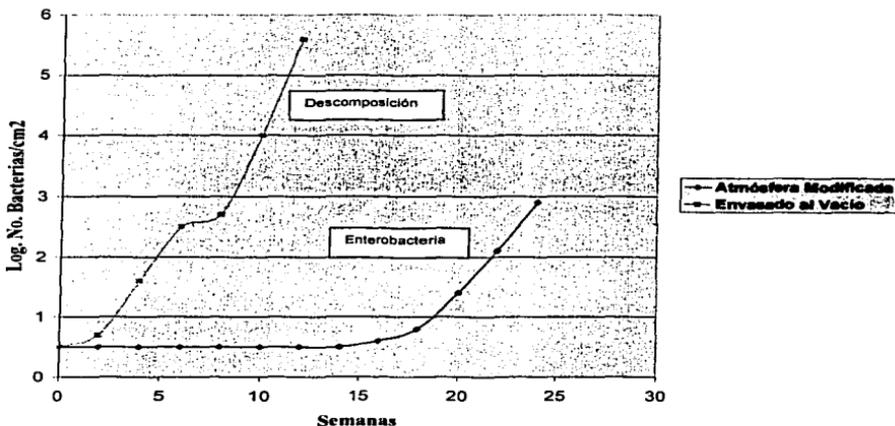


Fig. No. 8. Fuente: Packg. Alimentaire '89.

Pequeñas porciones de carne son envueltas en bandejas con materiales de alta barrera así como bolsas que pueden contener cortes más grandes. Las películas recomendadas son: PVdC / PE ó PETP / PVdC / PC para charolas y PVdC en PE / PET, PA / PE ó PET / PE para envolturas y PE / PA ó Nylon/ Saran / PE para bolsas.

Las bandejas con canales mejoran la circulación del gas sobre toda la superficie de la carne para prevenir la decoloración.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Para la carne de pollo o de otras aves se recomienda el empleo de bandejas de espuma de poliestireno envueltas con película delgada de PET o celofán laqueado y las bolsas para piezas completas pueden ser de PE / PA.

La aplicación de Atmósferas Modificadas en carnes procesadas o embutidos tiene ventajas con respecto al empaque al vacío en la apariencia del producto. El color deseado puede ser mantenido durante más tiempo.

Para grandes piezas como las del jamón al empacarse con Atmósfera Modificada se mantiene el contenido de agua el cual normalmente se extrae del producto al aplicarse vacío durante su empaque.

Los materiales recomendables a emplear para el empaqueo de embutidos deberán ser de alta barrera y de baja velocidad de transmisión de humedad para evitar la deshidratación.

Una posible combinación puede ser para charola de PVdC / PE para la película de PET/PVdC.

Para mejorar la eliminación de oxígeno es necesario hacer vacío antes de inyectar el gas.

Los requerimientos de nitratos para el control microbiano pueden ser reducidos, la refrigeración deberá ser mantenida. Las propiedades antimicrobianas del CO₂ son incrementadas cuando los embutidos son refrigerados porque se incrementa su solubilidad en el producto y en las células de las bacterias.

4.2 Frutas y Verduras

Los productos hortícolas frescos (frutas y verduras) son tejidos vivos después de la cosecha. Algunos de los cambios que llevan a cabo los productos hortícolas frescos incluyen:

- 1.- Cambios de color: degradación de clorofilas, síntesis de carotenos y antocianinas.
- 2.- Cambios de textura, despolimerización y desesterificación de pectinas, hidrólisis de almidón y síntesis de lignina.
- 3.- Cambios de sabor: hidrólisis de almidón, aumento de azúcares simples, disminución de ácidos orgánicos y polifenoles e incremento en la síntesis de volátiles aromáticos.

Estos cambios fisiológicos y bioquímicos se catalizan por sistemas enzimáticos los cuales se sintetizan y/o se activan por la hormona vegetal etileno.

La respiración en los tejidos de los vegetales puede ocurrir en presencia de oxígeno (respiración aeróbica) o en ausencia de oxígeno (anaeróbica).

La respiración aeróbica es la principal abastecedora de energía y normalmente utiliza carbohidratos como sustratos:



El proceso de la respiración es la indicación de la actividad metabólica del producto. Este proceso tiene relación con la vida postcosecha de los productos hortícolas frescos. Normalmente los productos con alta actividad respiratoria tienen una vida postcosecha corta y viceversa. Los tratamientos que pueden disminuir la actividad respiratoria, también prolongan la vida postcosecha de los productos hortícolas. Como se observa en la ecuación de la respiración la presencia de oxígeno favorece el proceso de la respiración y el CO₂ la desfavorece. Por lo tanto, las Atmosferas Modificadas disminuyen la actividad respiratoria (actividad metabólica) de estos productos y pueden prolongar su vida postcosecha.

Además de disminuir la actividad respiratoria, los bajos niveles de oxígeno y los altos niveles de CO₂ disminuyen la síntesis y acción del etileno.

Requisitos del empaque o almacenamiento de frutas y verduras en Atmósferas Modificadas:

1.- Películas permeables a los gases y al vapor de agua. PET / PE / PVdC, PVdC/PE/PVdC.

2.- Utilizar niveles de gases tolerados por los productos hortícolas. (3)

APLICACIÓN DE ATMOSFERAS MODIFICADAS PARA ALGUNAS FRUTAS

FRUTA	TEMP. ° C	% O ₂	% CO ₂	BENEFICIO (días)
Manzana	0 - 5	2 - 3	1 - 3	Excelente 200
Kíwi	0 - 5	2	5	Excelente n.d.
Pera	0 - 5	2 - 3	0 - 1	Excelente 100
Fresa	0	10	15 - 20	Excelente 7
Nueces y frutas secas	0 - 25	0 - 1	0 - 100	Excelente n.d.
Plátano	12 - 15	2 - 5	2 - 5	Excelente 60
Higo	0 - 5	5	15	Bueno n.d.
Nectarina	0 - 5	1 - 2	5	Bueno 42
Durazno	0 - 5	1 - 2	5	Bueno 56
Cirucla	0 - 5	1 - 2	0 - 5	Bueno 28
Aguacate	5 - 13	2 - 5	3 - 10	Bueno 60
Limón	10 - 15	5	0 - 5	Bueno 220
Lima	10 - 15	5	0 - 10	Bueno 42
Chabacano	0 - 5	2 - 3	2 - 3	Regular 56
Toronja	10 - 15	3 - 10	5 - 10	Regular 42
Naranja	5 - 10	10	5	Regular 84
Mango	10 - 15	5	5	Regular 21
Piña	10 - 15	5	10	Regular 12

Fig. No.9 Fuente: Elhadi M. Yahia. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., A.P. 1735, Hermosillo, Son. La Tecnología de Atmósferas Modificadas y Controladas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

APLICACIÓN DE ATMOSFERAS MODIFICADAS PARA ALGUNOS VEGETALES

Vegetales	Temp. ° C	% O ₂	% CO ₂	Beneficio (días)
Col	0 - 5	3 - 5	5 - 7	Excelente 180
Espárrago	0 - 5	Aire	0 - 5	Bueno 14
Brócoli	0 - 5	1 - 2	5 - 10	Bueno 21
Col de Bruselas	0 - 5	1 - 2	5 - 7	Bueno 21
Elote	0 - 5	2 - 4	10 - 20	Bueno 8
Lechuga	0 - 5	2 - 5	0	Bueno 21
Cebolla verde	0 - 5	1 - 2	10 - 20	Bueno 7
Tomate	8 - 12	3 - 5	0	Bueno 42
Coliflor	0 - 5	2 - 5	2 - 5	Regular 21
Pepino	8 - 12	3 - 5	0	Regular 14
Espinaca	0 - 5	Aire	10 - 20	Regular n.d.

Fig. No.10. Fuente: Elhadi M. Yahia. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., A.P. 1735, Hermosillo, Son. La Tecnología de Atmosferas Modificadas y Controladas.

**TESIS CON
PALA DE ORIGEN**

4.3 Botanas

Las botanas son productos elaborados principalmente a base de cereales o papa y que son sometidos a diversos procesos como nixtamalización, tostado, cocido, extruido o freído. Contienen aceite, saborizantes y colorantes naturales y/o artificiales.

El deterioro que ocurre en botanas y que limita su vida de anaquel es la rancidez y/o absorción de humedad. Las botanas pueden ser afectadas por otro tipo de deterioro, sin embargo, esto ocurre generalmente después de que el producto se deteriora sensorialmente por rancidez o por cambios en textura (absorción de humedad). El deterioro microbiológico es poco común en botanas ya que la baja actividad acuosa de las mismas inhibe el crecimiento microbiano.

Rancidez en Botanas

La rancidez es una causa frecuente de deterioro en los alimentos con elevado contenido de grasas y por tanto en botanas que contienen aceite como ingrediente. Existen dos tipos de reacción que causan la rancidez en las grasas:

- a) Reacciones de oxidación comunes en botanas.
- b) Reacciones enzimáticas que generalmente no ocurren en botanas, ya que éstas para su elaboración se someten a elevadas temperaturas que inactivan a las enzimas.

La rancidez oxidativa es común en los lípidos que en su estructura tienen dobles ligaduras (insaturados). La reacción de oxidación es catalizada por la presencia de metales, oxígeno, luz y temperatura para formar un radical libre a partir de una doble ligadura.

El radical libre reacciona con el oxígeno para formar peróxidos que son relativamente inestables. A medida que aumenta su concentración comienzan a descomponerse y/o a interactuar con otras moléculas, generando nuevos compuestos como aldehídos, cetonas, ácidos, epóxidos, polímeros y cetoglicéridos.

Los peróxidos son no volátiles, inodoros e insípidos, pero los aldehídos y cetonas , que generan son responsables de los sabores y olores rancios. La rancidez de alimentos de bajo contenido de humedad (como es el caso de las botanas) suele describirse como " aceite viejo " o " sebáceo " . Se requieren cantidades muy pequeñas de grasa oxidada para que el consumidor detecte sabores rancios y rechace el producto.

Absorción de Humedad

El incremento en el contenido de humedad y más específicamente en la actividad acuosa de una botana ocasionará un cambio en la textura del producto.

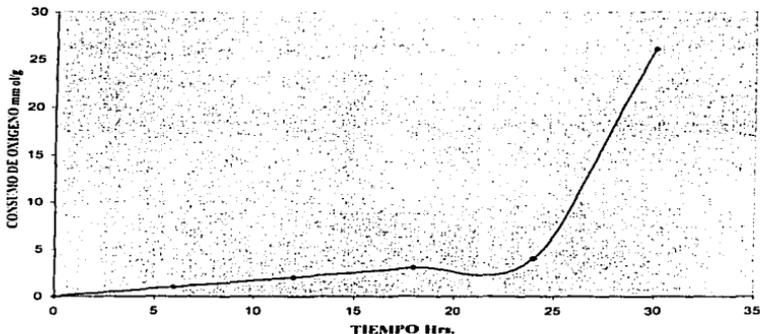
La textura de un producto se define como todos los atributos reológicos y estructurales del mismo que son percibidos por receptores mecánicos, táctiles y en

ocasiones visuales y auditivos. La textura que un consumidor espera en una botana generalmente se califica como " crujiente ". A medida que la actividad acuosa de una botana se incrementa, sus atributos reológicos cambian hasta que la textura se percibe como " corriosa " o " suave " y es rechazado por el consumidor.

La velocidad de oxidación es diferente para cada tipo de grasa y puede ser retardada por la adición de antioxidantes.

La siguiente figura ilustra una típica curva de velocidad de oxidación de lípidos. La velocidad es lenta y uniforme cuando las reacciones son de iniciación y propagación. Cuando la concentración de peróxidos aumenta, las reacciones de descomposición de los mismos ocurren a velocidades cada vez mayores, siendo este el momento en que se forman los compuestos que imparten olores y sabores rancios.

TÍPICA CURVA DE VELOCIDAD DE OXIDACION DE LÍPIDOS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. No. 11 Fuente: Braverman J B S, 1980. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos Edición J. Berk Editorial El Manual Moderno. México.

La velocidad de oxidación es diferente para cada tipo de grasa y en la actualidad la industria emplea antioxidantes para extender la vida de anaquel. Los antioxidantes más comunes son:

- Butilhidroxianisol (BHA)
- Butilhidroxitolueno (BHT)
- Galato de propilo (PG)
- Terbutil hidroquinona (TBHQ)

La concentración de antioxidantes en un producto nunca deberá exceder del 0.02 % del peso total de los lípidos en el producto.

La velocidad de oxidación en lípidos de botanas dependerá en gran medida de las condiciones de almacenamiento a las que estará sujeta y a la protección que se le dé (material de empaque utilizado). Sin embargo es importante mencionar el efecto que tienen los factores ambientales en la oxidación de los lípidos en las botanas:

- Temperatura: generalmente la velocidad de oxidación aumenta con la temperatura.
- Luz: la luz ultravioleta puede propiciar las reacciones de iniciación de la oxidación de lípidos, pero su efecto principal es acelerar la descomposición de peróxidos.
- Oxígeno: cataliza las reacciones de propagación.
- Humedad: la humedad ambiental absorbida por el producto provoca un incremento en la actividad acuosa del mismo.

Las reacciones de oxidación de lípidos se reducen significativamente cuando la atmósfera que las rodea presenta una mínima cantidad de oxígeno.

El empleo de una atmósfera de nitrógeno durante el empaquetado de botanas inhibe las reacciones de oxidación y permite que la vida de anaquel sea incrementada.

La forma y tamaño de la partícula determinan la cantidad de gas requerida y el grado de contacto partícula/atmósfera. Para productos en polvo necesitan protección en contra de la humedad y retener su característica de deslizamiento. Para productos muy frágiles como las papas fritas, el volumen de gas es importante para amortiguar posibles quebraduras sin que se de un gran espacio.

Muchos procesos de calentamiento como es el freído, rostizado y secado causan el rompimiento de los componentes del alimento y pueden iniciar reacciones deteriorativas. La pérdida de vitaminas, sabor y color, así como el desarrollo de sabores y colores indeseables son comunmente iniciados durante el calentamiento.

Las Atmosferas Modificadas pueden impedir su continuación y extender su vida de anaquel. Ver Fig. 12.

VIDA DE ANAQUEL DE ALGUNAS BOTANAS EMPACADAS CON NITROGENO

Producto	Gas	Vida de Anaquel
Nueces	N ₂	6 - 12 meses
Papas fritas	N ₂	Varios meses
Semillas de ajonjolí	N ₂	6 - 12 meses
Semillas de girasol	N ₂	6 - 12 meses

Fig. No. 12 . Fuente: Witt Gasetchink Shielding Gas Report. March. 1985.

Actualmente se encuentran en el mercado una gran variedad de formas de empaque para botanas, como bolsas, cajas y botes de cartón, latas de aluminio y frascos de vidrio.

**TESIS CON
PALLA DE ORIGEN**

Con excepción de los envases de metal y vidrio se requieren materiales barrera para proteger los productos y evitar la pérdida de aromas y sabores y prevenir la entrada de oxígeno y humedad que provocan la oxidación y el cambio de textura. Se recomienda para esto películas de barrera metalizadas PP o coextruídas PP/PVdC/PP.

4.4 Productos de Panadería

Los productos como pan blanco, rollos, pasteles y bocadillos, están sujetos a una rápida descomposición por lo que su vida de anaquel es relativamente corta.

Los factores más importantes de descomposición son la pérdida de humedad, crecimiento bacteriano y envejecimiento.

Pérdida de humedad: es el secado del pan y es un proceso independiente al envejecimiento por el crecimiento del moho en la superficie y en el migajón.

Crecimiento bacteriano: cuando el pan es conservado en una atmósfera alta en humedad, se produce el crecimiento del moho. Cuando se almacena el pan en condiciones de baja humedad, se retarda el crecimiento del moho.

Los pasteles raramente sufren de ataque bacteriano, debido a su gran contenido de azúcar, lo que restringe la disponibilidad de agua, sin embargo, sufren de crecimiento de moho en su superficie, debido a un mal manejo o a su exposición al aire, ya que el proceso de cocimiento destruye a estos organismos, no sucediendo así con el merengue o la fruta con la que se cubre.

El empaclado con Atmósferas Modificadas puede efectivamente inhibir el crecimiento del moho el cual es característico en productos de panadería. Para controlar el moho se deberá considerar el contenido de agua durante la formulación del producto así como para evitar el endurecimiento del producto. Es posible reducir o completamente eliminar preservativos como los propionatos.

Los panes y pasteles empacados con un mínimo de 20 % de CO₂ y balance N₂, no presentan crecimiento de moho por periodos de dos a tres veces superiores a los que pudieran alcanzar cuando son empacados con aire.

El uso de materiales de empaque con una baja transmisión de humedad y concentraciones más adecuadas de CO₂ retienen la humedad en el migajón mientras se retarda el crecimiento del moho.

Un efecto secundario es que la suavidad se logra a través de la retención de la humedad, lo cual es detectado mediante la percepción de la textura por el consumidor.
(6)

En el siguiente cuadro se muestran diferentes productos con las concentraciones de gases más utilizados

CONCENTRACIONES DE GASES Y VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS CONSERVADOS CON ATMOSFERAS MODIFICADAS

Producto	Gases		Temperatura	Vida de Anaquel
	N ₂ %	CO ₂ %		
Pastas, pasteles y Pastelería danesa	50	50	Ambiente	3 meses
Cuernos y rollos de Leche		100	Ambiente	4 meses
Crepas	40	60	Ambiente	6 meses
Galletas	100		Ambiente	6 meses
Rollos de queso	50	50	Ambiente	2 meses
Rebanada Pan blanco	30	70	Ambiente	6 semanas
Donas		100	Ambiente	4 semanas
Bisquets	20	80	Ambiente	2 meses

Fig. No. 13. Fuente: Witt Gasetechnik Shielding Gas Report, March, 1985. Aligal Food Shielding Protective Atm. Jul., 87.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El volumen total del empaque puede cambiar durante su almacenamiento. El CO₂ es absorbido inicialmente por el producto, provocando una reducción en el volumen del gas. Posteriormente este volumen es recuperado por la producción de CO₂ por microorganismos. Estos cambios pueden afectar la selección y diseño de los materiales de empaque.

Se recomienda una barrera del tipo laminado con una baja transferencia de humedad y una baja permeabilidad para el CO₂, pudiendo ser PET/PE + Nylon/PE, PE + Nylon ó PVdC cubierto con PET/PE.

4.5 Alimentos Preparados

Los alimentos preparados son generalmente artículos no estandarizados que varían enormemente en su composición y en sus características. En aquellos productos elaborados principalmente a base de pastas su deterioro se puede predecir y controlar como es el caso de alimentos con multicomponentes como las pizzas. La interacción entre los mismos componentes complican la estabilidad de su vida de anaquel siendo importante considerar cada ingrediente básico y sus limitaciones de almacenamiento.

Estos productos son generalmente alimentos sólidos pero pueden incluir salsa líquidas o jugos, mantequilla o mayonesa en sandwiches o en ensaladas cocinadas, semisólidas, en rellenos con pastel de queso o budín y productos picados o en tiras en ensaladas o en cubiertas de pizzas.

Condiciones de este tipo influyen en la capacidad de las bacterias a extenderse y a la susceptibilidad de generarse reacciones oxidativas y a la pérdida de olor y sabor, así como la necesidad de ciertos materiales de empaque.

Ciertas características que incluyen el pH, la actividad del agua, la humedad y los niveles de gas pueden ser controlados en productos procesados y usualmente juegan

un papel importante en los procesos de producción. Este tipo de factores ayudan a predecir que tipos de organismos pueden crecer y como una atmósfera modificada puede afectar al producto.

Combinaciones de cocimiento en tiempo y temperatura reducen el nivel de bacterias, proteínas desnaturalizadas, cambios de sabores, texturas y desarrollo de colores deseados. Este es el propósito del empaqueo con Atmósferas Modificadas para mantener la misma calidad de frescura por un tiempo mayor.

Los diseños de empaque deberán ser elegidos considerando su protección sanitaria, preservación y atractividad al consumidor. Existe una gran variedad de productos de este tipo y muchos requieren al menos un empaque de dos componentes: un contenedor a prueba de humedad que permita dar soporte como un plato termoformado de plástico y una película envolvente de PET/PVdC/PE ó PET/PVdC/ monómero que contenga la atmósfera dentro del empaque.

La visibilidad del producto puede ser reducida si la salsa u otro componente líquido tienden a ensuciar al contenedor. Para reducir el oxígeno en el empaque a un nivel menor como sea posible, se recomienda aplicar un vacío con anticipación.

Los alimentos preparados se deterioran por el crecimiento microbiano, oxidación de grasas, pérdida de sabores volátiles y colores, degradación de vitaminas, deshidratación y cambio de texturas. Como todos los productos perecederos que requieren refrigeración, la putrefacción microbiana es usualmente la más sensible.

5.1 CONCLUSIONES

La actividad industrializadora de alimentos en México juega un papel en extremo importante como proveedor de los nutrientes necesarios para mantener saludable a la población.

De la calidad nutricional con que esta industria ofrezca sus productos, habrá cumplido con su objetivo, sin embargo este aspecto es poco considerado tanto por los productores como por la población, ya que a menudo se da por un hecho que un alimento clasificado como tal, cumplirá con su cometido de nutrir y no solo de saciar el apetito.

De aquí la importancia primordial de elaborar productos alimenticios que preserven todos sus valores nutricionales y causen el efecto esperado.

Otro aspecto preocupante por parte de los productores es el incremento de la vida de anaquel de los productos alimenticios, su necesidad de comercializar productos que mantengan la calidad, evitando recambios constantes y de esta manera poder participar en mercados lejanos.

La población consumidora es cada día más exigente, demandando productos de mayor calidad, que cumplan con todas sus expectativas tanto nutricionales como sensoriales y que además el producto se encuentre en óptimas condiciones en cualquier momento.

El empleo de Atmósferas Modificadas en el empaque de alimentos pueden eliminar el uso de conservadores que en cierta medida alteran el sabor natural de los alimentos y que con el tiempo puede ser riesgoso para la salud.

5.2 RECOMENDACIONES

El presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer que existen otras tecnologías para la conservación de alimentos, como lo es la aplicación de Atmósferas Modificadas y como una nueva alternativa de comercialización, por lo que es necesario desarrollar investigaciones en campo y en laboratorio para cada uno de los alimentos naturales que son cosechados como frutas y vegetales y aquellos que son procesados para determinar con precisión las concentraciones más adecuadas de gases así como temperaturas de refrigeración y materiales de empaque, que permitan incrementar la vida útil del alimento, conservando además de sus características físicas sus valores nutricionales, que a fin de cuentas es lo más relevante de un alimento, nutrir.

Los tratados de Libre Comercio que ha venido suscribiendo México con América del Norte, Europa y algunos países de Centro y Sudamérica, colocan al país en una gran oportunidad para exportar grandes cantidades de alimentos frescos y procesados empleando Atmósferas Modificadas, otorgándoles un mayor valor agregado y cumpliendo con las más estrictas normas sanitarias internacionales relacionadas con el uso de conservadores.

Por lo que es necesario crear más empresas nacionales dedicadas al acondicionamiento de frutas, verduras y carnes, que ante la oportunidad de participar en otros mercados demandantes de alimentos frescos sería un detonador para generar demanda de mano de obra y reactivar el campo y la ganadería.

Así también las pequeñas y medianas empresas procesadoras de alimentos como las que elaboran precocidos, alimentos preparados, botanas y productos de panadería se les presenta una gran oportunidad para atender las necesidades que existen en otros países, ya que al incrementar la vida de anaquel se tiene la seguridad de que el producto llegue al consumidor en sus mejores condiciones.

ELABORACION DE BOTANAS Y PRODUCTOS DE MAIZ

PRODUCCION Y VENTAS

Última información
disponible, datos
referentes a 1998

	Producción	Valor
	Ton	Miles de pesos
Botanas y Frituras de Maíz	159 600	5 562 216
Cacahuates	26 215	543 633
Botanas Fritas, Tostadas, Sazonadas	78 886	4 129 179
Hojuelas de Maíz	94 705	2 238 130
Otros Cereales de Maíz	1	116 662
Cereales de Trigo	6 500	271 767
Cereales de Avena	1 289	106 510
Cereales de Arroz	13 232	400 366
Otros Cereales	5	210 260
TOTAL	380 433	13 578 729

MATERIAS PRIMAS Y AUXILIARES CONSUMIDAS

Última información
disponible, datos
referentes a 1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PRODUCTOS QUÍMICOS	Cantidad	Valor
	Kg	Miles de Pesos
Colorantes	352 656	17 270
Conservadores	94 162	3 703
Saborizantes	531 178	19 055
Acido Cítrico	187 737	3 099
Antioxidantes	18 578	1 522
Vitaminas	544 000	42 131
Otros		31 810
TOTAL	1 728 311	118 590

Fuente: XV Censo Industrial, Censos Económicos 1999, Industrias Manufactureras
Subsector 3.1, Producción de Alimentos Bebidas y Tabacos. INEGI.

ELABORACION DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS

PRODUCCION Y VENTAS

Ultima información
disponible, datos
referentes a 1998.

PRODUCCION DE ALIMENTOS FRESCOS

		Cantidad	Valor
			Miles de Pesos
Ensaladas	Kg	3 161 611	84 834
Emparedados	Miles pzas.	12 499	49 378
Tacos	Miles pzas.	20 970	42 712
Otros Alimentos Preparados	Miles pzas.	17 700	84 075
Postres Preparados	Miles pzas.	54 774	108 939
Otros Productos			57 551
TOTAL			427 489

PRODUCCION DE ALIMENTOS PREPARADOS CONGELADOS

		Cantidad	Valor
			Miles de pesos
Guisados Congelados	Kg	5 531 000	159 955
Alimentos Preparados Cong.	Miles de pzas.	3 809 200	133 754
TOTAL			293 709

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MATERIAS PRIMAS Y AUXILIARES CONSUMIDAS

Ultima información

disponible, datos
referentes a 1998.

	Cantidad Kg	Valor Miles de Pesos
PRODUCTOS QUIMICOS		
Conservadores	709 228	7 610
Saborizantes	323 237	12 037
Colorantes	105 705	3 204
Bicarbonato de sodio	2 653 872	6 585
Fosfato monocalcico	1 733 220	6 761
Sulfato de aluminio	1 560 745	6 562
Carbonato de calcio	2 685 982	5 749
Otros		35 317
TOTAL	9 771 989	83 825

PANADERIA Y PASTERIA INDUSTRIAL

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PRODUCCION Y VENTAS
Datos referentes a 1998

PANIFICACION INDUSTRIAL

	Cantidad TON	Valor Miles de Pesos
PAN BLANCO DE TRIGO		
Bolillos teleras y similares	810	7 278
En barra	113 603	1 239 732
De caja sin tostar	144 981	1 277 502
De caja tostado	52 302	660 502
Para hamburguesas	33 061	485 568
Para salchichas	17 037	248 183
PAN INTEGRAL DE TRIGO		
En barra	118 113	234 555
De caja sin tostar	32 328	346 187
	Cantidad TON	Valor Miles de Pesos

OTROS PANES DE SAL		
De centeno	564	6 501
Otros		10 214
PAN DULCE		
A granel	19 021	382 177
Empaquetado	190 376	2 983 385
PASTELES		
Panques	16 895	314 977
Pasteles	34 018	763 410
Pays (pies)	1 132	50 752
Otros		1 162
PASTELILLOS		
Recubiertos	56 488	1 388 214
Sin recubrir	934	31 229
GALLETAS		
Saladas	410	4 726
Dulces	172 405	1 627 448
Otras		14 760
TORTILLAS		
De harina de trigo	69 537	672 206
De maíz	41 989	147 119
OTROS PRODUCTOS	12 098	171 205

MATERIAS PRIMAS Y AUXILIARES CONSUMIDAS

PRODUCTOS QUIMICOS

	Cantidad	Valor
	TON	Miles de Pesos
Colorantes	929	21 466
Conservadores	2 277	37 580
Saborizantes	623	32 186
Otros		35 858

Fuente: XV Censo Industrial,
Censos Económicos 1999,
Industrias Manufactureras
Subsector 3.1, Producción de

Alimentos Bebidas y Tabaco. INEGI.

TESIS CON
 F.A.A. DE COPIEN

Características del Oxígeno

El oxígeno, el cual comprende aproximadamente una quinta parte de la atmósfera de la tierra (20.95 % por volumen a nivel del mar), es esencial para la vida.

A temperaturas y presiones atmosféricas, existe como un gas sin color, sin olor y sin sabor, a su punto normal de ebullición - 183 °C (- 297.3 °F), el oxígeno es un líquido azul pálido, extremadamente frío.

Aunque el oxígeno no es flamable, apoya la combustión. Los materiales flamables arderán mucho más vigorosamente en una atmósfera enriquecida con oxígeno que en el aire.

Además, los materiales que normalmente no arden en el aire puede que lo hagan en una atmósfera enriquecida con oxígeno.

Propiedades Físicas y Químicas

Las propiedades notables del oxígeno son su habilidad para sostener la vida y apoyar la combustión.

Los materiales que arden en el aire arderán más vigorosamente y a más altas temperaturas en una atmósfera rica en oxígeno. Algunos materiales orgánicos y combustibles tales como el aceite o la grasa arden en oxígeno con una violencia cercana a lo explosivo si hacen ignición mediante chispas, flamas, electricidad, estática o alguna otra fuente de energía.

Propiedades del Oxígeno

Peso Molecular	32.00
Familia Química	Gas Permanente
Nombre Químico	Oxígeno
Fórmula Química	O ₂
Apariencia y Olor	Sin color, gas sin olor; líquido criogénico azul pálido sin olor
Estado Físico (en NTP)	Gas
Gravedad Específica (agua = 1) (líquido a un punto de ebullición normal)	1.14
Punto de Ebullición	- 183 °C (- 297.3 °F)
Punto Triple	- 218.8 °C (- 361.8 °F)
Gravedad Específica (agua = 1) (gas en NTP)	1.105 a 21.1 °C (70 °F)
Densidad de Gas (Kg/m ³)	1.326 (0.08328 lbs/pie ³)
% Volátil (por volumen)	100
Densidad de Oxígeno Líquido (Kg/m ³)	1141 (71.23lbs/pie ³) a un punto de ebullición normal
Velocidad de Evaporación	Rápida cuando se libera hacia la atmósfera.
Solubilidad en Agua (vol/vol)	0.0491 a 0 °C (32 °F)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Datos de Conversión

OXIGENO						
PESO		GAS			LIQUIDO	
Libras Lb	Kilogramos kg	Pies cúbicos scf	Metros cúbicos Nm3	Galones Gal	Litros L	
1 libra	1.0	0.453592	12.08	0.3175	0.105	0.3973
1 kilogramo	2.20462	1.0	26.64	0.6999	0.2315	0.8765
1 ton	2,000	907.18	24,160	635	210	795
1 scf Gas	0.08278	0.03755	1.0	0.02628	0.008692	0.03289
1 Nm3 Gas	3.1496	1.4284	38.04	1.0	0.3307	1.2515
1 gal Líquido	9.528	4.321	115.1	3.025	1.0	3.78531
1 L Líquido	2.517	1.1416	30.45	0.79914	0.264172	1.0

NCF (Pie cúbico normal) Gas medido a 1 atmósfera y a 70 °F.

Líquido medido y a 1 atmósfera de presión y temperatura de ebullición.

sm3 (metro cúbico estándar) gas medido a 1 atmósfera y a 0 °C.

Todos los valores redondeados a los 4 ó 5 números más significativos.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Características del Nitrógeno

El nitrógeno comprende aproximadamente cuatro quintas partes de la atmósfera (78.09 % a nivel del mar) a temperatura y presión atmosférica el nitrógeno es un gas inerte, incoloro, inodoro e insaboro.

Aunque no es inerte químicamente a temperaturas elevadas, el nitrógeno diatómico (N₂) se comporta como un gas inerte en una serie amplia de temperaturas y presiones.

El nitrógeno es un gas no flamable, inhibe la combustión; sin embargo actúa como asfixiante desplazando la cantidad necesaria de oxígeno en el aire para sostener la vida.

Propiedades Físicas y Químicas

El nitrógeno es un elemento que existe como gas cuando se encuentra en su estado normal a condiciones normales de presión y temperatura.

En combinación química está presente en todos los seres vivos. En forma de proteínas es un alimento necesario para las plantas y animales.

Propiedades del Nitrógeno

Peso Molecular	28.01
Familia Química	Gas Permanente
Nombre Químico	Nitrógeno
Fórmula Química	N ₂
Apariencia y Olor	Incoloro, inodoro
Estado Físico (en NTP)	Gas
Gravedad Específica (agua = 1) (líquido a un punto de ebullición normal)	0.808
Punto de Ebullición	- 195.8 °C (- 320.4 °C)
Punto de Fusión	- 209.9 °C (- 345.8 °F)
Gravedad Específica (aire = 1) (gas en NTP)	0.967 a 21.1 °C (70 °F)
Densidad de Gas (Kg / m ³)	1.153 (0.072 lbs/pie ³) a 21.1 °C (70 °F)
Presión de Vapor	Presión registrada en el contenedor
% Volátil (por volumen)	100
Densidad de Nitrógeno Líquido (Kg/m ³)	808.5 (50.47 lb/pie ³) a un punto de ebullición normal
Velocidad de Evaporación	Rápida
Solubilidad en Agua (vol/vol)	0.023 a 0 °C (32 °F)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Datos de Conversión

NITROGENO

PESO	GAS	LIQUIDO
------	-----	---------

Libras lb	Kilogramos kg	Pies cúbicos scf	Metros cúbicos Nm3	Galones Gal	Litros L
--------------	------------------	------------------------	--------------------------	----------------	-------------

1 libra	1.0	0.453592	13.80	0.3627	0.148	0.5612
1 kilogramo	2.20462	1.0	30.43	0.7996	0.326	1.237
1 ton	2.000	907.18	27,600	752.4	296	1122.4
1 scf Gas	0.07246	0.03287	1.0	0.02628	0.01072	0.040664
1 Nm3 Gas	2.757	1.2506	38.04	1.0	0.40804	1.547
1 gal Líquido	6.745	3.059	93.08	2.4467	1.0	3.78531
1 L Líquido	1.782	0.80829	24.59	0.64633	0.264172	1.0

scf (Pie cúbico estándar) Gas medido a 1 atmósfera y a 70 °F.

Líquido medido a 1 atmósfera de presión y temperatura de ebullición.

Nm3 (metro cúbico normal) gas medido a 1 atmósfera y a 0 °C.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Características del Bióxido de Carbono

El CO₂ es un gas en su forma más común, pero bajo ciertas circunstancias de temperatura y presión puede existir como gas, líquido y/o sólido.

El CO₂ gas es 1 ½ veces más pesado que el aire. No es tóxico, es soluble en agua, incoloro y normalmente inodoro.

En concentraciones superiores a 5,000 ppm el CO₂ puede ser detectado por un olor irritante o picante conforme se disuelve en la humedad de las membranas mucosas de los conductos nasales.

Propiedades Físicas y Químicas

El CO₂ no es flamable, es ligeramente ácido cuando se disuelve en agua y normalmente es inerte y no tóxico.

Propiedades del Bióxido de Carbono

Peso Molecular	44.01
Familia Química	Anhidrido Acido
Nombre Químico	Bióxido de carbono
Fórmula Química	CO ₂
Apariencia y Olor	Incoloro e inodoro; sensación nasal aguda a altas concentraciones.
Estado Físico (NPT)	Gas
Gravedad Específica (líquido) (Agua = 1)	0.713
Punto de Ebullición	Se sublima a - 109.3 °F (- 78.5 °C) @ 1 Atm.
Punto de Congelamiento	- 69.82 °F (- 56.57 °C) @ 5.11 Atm.
Punto Triple	- 69.9 °F @ 60.4 psig (- 56.6 °C @ 416 kPa)
Gravedad Específica (gas) (Aire = 1)	1.52 (@ 70 °F/21.1 °C)
Densidad de Gas (g/ml)	0.00197 (@ 32 °F/0 °C)
Presión de Vapor	5778 kPa, 838 psig (@ 70°F/21.1°C)
% Volátiles (por volumen)	100
Solubilidad en Agua (vol/vol)	0.9 (@ 20 °C/ 68 °F)

FALLA DE ORIGEN

Datos de Conversión

BIOXIDO DE CARBONO

PESO			GAS		LIQUIDO	SOLIDO
-------------	--	--	------------	--	----------------	---------------

Libras lb	Kilogramos kg	Tonela- das Ton	Pies cúbico s scf	Metros cúbico s Nm3	Galones gal	Litros L	Pie Cúbico Pie Cu.
----------------------	--------------------------	--------------------------------	--------------------------------------	--	------------------------	---------------------	-------------------------------

1 libra	1.0	0.453592	0.0005	8.742	0.2294	0.11806	0.4469	0.010246
1 kilogramo	2.20462	1.0	0.001102 3	19.272	0.5058	0.2603	0.9860	0.2260
1 ton	2.000	907.18	1.0	17.484	458.8	236.1	893.9	20.49
1 scf Gas	0.1144	0.05189	-	1.0	0.0262 8	0.01350 6	0.05113	0.0011723
1 Nm3 Gas	4.3535	1.975	0.002180	38.04	1.0	0.5146	1.9480	0.04468
1 gal	8.474	3.8437	0.004235	74.08	1.9431	1.0	3.785	0.08678
Líquido								
1 L Líquido	2.239	1.0156	0.001118 5	19.573	0.5134	0.2642	1.0	0.02293
1 Pie Cu.Sólido	97.56	44.25	0.04880	825.8	22.38	11.518	43.60	1.0

scf (Pie cúbico estándar) Gas medido a 1 atmósfera y a 70 °F.

Líquido medido a 1 atmósfera de presión y temperatura de ebullición.

Nm3 (metro cúbico normal) gas medido a 1 atmósfera y a 0 °C.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA:

- 1.- Adel A. Kader Modified Atmospheres and Low-pressure Systems during Transport and Storage. 1988. Cap. 11, 58, 59, 60.
- 2.- Brody L. A. Controlled. Atmosphere Food Packaging/ Part I Food Pack. 1985; Dec. 8, 10, 11, 43.
- 3.- Devon Zagory and Adel A. Kader. Quality Maintenance in Fresh Fruits and Vegetables by Controlled Atmospheres. 1989; 174, 175, 176, 177.
- 4.- Elhadi M. Yahia – Inocencio Higuera Ciapara: Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Limusa, 1992; 112, 113, 114, 115.
- 5.- Koski, V.C. Is Current Modified Controlled Atmosphere Packaging Technology Applicable to the U.S. Food Mart. Food Tech. 1988; 42, 54.
- 6.- Sacharow, S. : “ Pack ” The Major U. K. Packaging Show. Food Pack. Lab. 1986; 10.
- 7.- Sacharow, S. :Marks & Spencer: Controlled Atmosphere Packaging. Food Pack. Lab. 1987; 11.
- 8.- Schreiber. P.: CAP Potential Lies with Merchandising Venture. Food Pack. 1987; Feb.: 53, 55.
- 9.- T.P. Labuza and W. M. Breene: Applications of “ Active Packaging ” for Improvement of Shelf –life and Nutritional Quality of Fresh and Extended Shelf – life Foods 1988; 14.
- 10.- Atmósferas de Protección para Alimentación. Ed. Argón, S.A. 1990. 2, 3.
- 11.- Institute of Food Science: Principles of Microatmosphere Packaging. Ed. Cornell University. 1987; 137, 142.
- 12.- S.C. Seideman, C. Vanderzant, G.C. Smith, C.W. Dill and Z.L. Carpenter. Appearance Of Beef and Lamb Stored in Vacuum or Modified Gas Atmospheres, Journal of Food Protection Vol. 43 No. 4, pages 252 – 258 (april, 1980).
- 13.- Packaging Strategies: Controlled Atmosphere Packaging. Ed. P.E. 1987; 20, 29.

- 14.- www.agrohispana.com Aplicación de Atmósferas Modificadas o Controladas.
- 15.- www.ciad.mx Efecto de agentes Antioxidantes y Envasado en Atmósferas Modificadas en la Calidad de Rodajas de Piña Fresca.
- 16.- www.e-campo.com Experiencias con Atmósferas Modificadas en Peras.
- 17.- www.cfrs.com Atmósferas Modificadas para Envasado, Purga, Secado. Air Liquide.
- 18.- www.infoagro.com Tecnología del Envasado en Atmósferas Modificadas.
- 19.- www.irta.es Atmósferas Modificadas para la Eliminación de Insectos.
- 20.- www.ucm.es Atmósferas Modificadas para Ampliar la Vida Útil de la Carne.
- 21.- www.unal.edu.co Empaque de Carnes Frescas en Condición de Vacío y de Atmósferas Modificadas.
- 22.- www.worldfoodscience.org Uso de Atmósferas Modificadas, Enfermedades Transmitidas a Través de Alimentos.

ESTA TESIS NO SE
DE LA BIBLIOTECA