



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**



FALLA DE ORIGEN
PRODUCTOS LISTOS PARA USARSE, UNA ALTERNATIVA
DE CONSERVACION PARA HORTALIZAS FRESCAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
IRENE CHAVARIN HERRERA

ASESOR:
ING. JUAN DE LA CRUZ HERNANDEZ ZAMUDIO

COASESOR:
ING. ANTONIO TREJO LUGO



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

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



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Productos listos para usarse, una alternativa de cosecha-

ción para hortalizas frescas.

que presenta la pasante Irene Chavarín Herrera
con número de cuenta: 8653018-7 para obtener el TITULO de:
Ingeniera en Alimentos.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 23 de Mayo de 1995

PRESIDENTE: I. G. Juan de la Cruz

Hernández Aguado

VOCAL: I. B. G. Norma Sandoz Alencaster

SECRETARIO: I. A. Alfredo Alvarez Cárdenas

PRIMER SUPLENTE: Dr. José Luis Arjona Roman

SEGUNDO SUPLENTE: I. A. Laura Cortazar

Handwritten signatures and dates:
Jueves 24/05/95
14/06/95
12/05/95
20/05/95

DEDICATORIAS

Le doy gracias a DIOS, por haberme dado el entusiasmo y la alegría de vivir, para completar mis estudios.

Les dedico este trabajo A mi PADRE por haberme apoyado en mi carrera y en la vida con las siguientes palabras:

"TU PUEDES Y ERES CAPAZ"

A mi MADRE por que ha sabido ser amiga y madre a la vez; impulsandome cada día con su cariño.

Agradezco a mi TIA ESTHER, por el ejemplo de dedicación y responsabilidad hacia su trabajo y hacia todo lo que hace.

Dedico este trabajo a A MI AMOR ENRIQUE ; por amarme y apoyarme como el solo sabe hacerlo; a base del constante reto hacia los problemas, y a la paciencia y sencillez como el los resuelve.

Agradezco tambien a TOÑO TREJO, por que con su gran amistad y empuje me dio un nuevo aliento para finalizar este trabajo.

GRACIAS DE VERDAD

LOS QUIERO

IRENE

I N D I C E

Introducción

Capítulo I

GENERALIDADES

1.1. - Elaboración de Productos listos para usarse	10
1.1.1. - Descripción del Proceso	12
1.2. - Prevención de la contaminación	13
1.3. - Disposiciones concernientes al producto terminado	14
1.3.1. - Fecha de caducidad	14
1.3.2. - Transporte y Depósito del producto terminado	14
1.3.3. - Distribución del producto final	14
1.3.4. - Etiquetado del producto final	15
1.3.5. - Control de Calidad del producto final	15
1.4. - Microbiología de las hortalizas en Productos listos para usarse	18

Capítulo II

ATMOSFERAS CONTROLADAS Y MODIFICADAS (MA - CA)

2.1. - Definición de atmósfera controlada (CA) y atmósfera modificada (MA)	19
2.1.1. - Tipos de atmósferas	20
2.1.2. - Sistema envase - producto	21
2.2. - Parámetros críticos en la generación de la atmósfera	22
2.2.1. - Factores que determinan el paso de gases através de la película	22
2.2.1.1. - Velocidad de respiración del producto	22
2.2.1.2. - Difusión de gases através del envase	22
2.2.1.3. - Control de los gases	22
2.3. - Fenómenos involucrados en la creación de la Atmósfera controlada y Atmósfera modificada	26
2.3.1. - Factores Producto	26
2.3.2. - Respiración	26
2.3.3. - Producción de etileno	26
2.3.4. - Temperatura Óptima	27
2.3.5. - Humedad Relativa Óptima	27

2.4.- Concentraciones Optimas de O ₂ y CO ₂	28
2.5.- Susceptibilidad de los productos ha concentraciones extremas de CO ₂ y O ₂	28
2.6.- Aseguramiento de control de calidad por parte del industrial	33
2.7.- El reto en la implementación de CA/MA	35
2.8.- Características de las películas inteligentes	38
2.9.- Beneficios potenciales de las Atmósferas Controladas y Atmósferas Modificadas	40
2.10.- Daños potenciales de Atmósferas Controladas y Atmósferas Modificadas	41
2.11.- Experiencias europeas vs Experiencias Americanas	42
2.12.- Factibilidades futuras de la tecnología CA/MA	43

Capítulo III

EMPAQUE

3.1.- Definición de "Empaque Apropriado"	45
3.2.- Alternativas hacia un mejor empaquetamiento	46
3.3.- Sistema de empaquetamiento	47
3.4.- Materiales de empaque	47
3.5.- Empaques Económicos	49
3.6.- Metodos de Empaque	50
3.7.- Películas, Folis y laminaciones	52
3.7.1.- Propiedades de las películas plásticas	52
3.7.2.- Películas encogibles	58
3.7.3.- Películas y el efecto de la luz	59
3.7.4.- Películas Estirables	59
3.8.- Plásticos	60
3.8.1.- Plásticos Termoplásticos	61
3.8.2.- Plásticos Termofijos	61
3.8.3.- Composición de los plásticos	61
3.8.4.- Formas de los plásticos	62
3.8.5.- Características de los plásticos	62
3.8.6.- Polietileno	63
3.8.6.1.- Polietileno de alta densidad lineal (HDPE)	64
3.8.6.2.- Polietileno de baja densidad ramificado	65
3.8.6.3.- Polipropileno	67

3.8.6.4.- Celofán	69
-------------------------	----

Capítulo IV

USOS DEL FRIO

4.1.- Importancia de la temperatura	72
4.2.- Respuestas fisiológicas	72
4.3.- Periodo de Almacenamiento	75
4.4.- Construcciones e Instalaciones	78
4.4.1.- Instalaciones frigoríficas	79
4.5.- Disposiciones concernientes al producto terminado	79
4.5.1.- Transporte y almacenamiento del producto terminado	79
4.5.2.-Distribución del producto final	80

Capítulo V

MICROBIOLOGIA

5.1.- Crecimiento microbiano	81
5.2.- Métodos de detección y cuantificación para microorganismos	82
5.3.-Microorganismos involucrados en los Productos listos para usarse	83
5.4.- Yersinia enterocolitica	84
5.5.- Aeromona hidrofíla	84
5.6.- Listeria monocitogenes	85
5.7.- Control de crecimiento microbiano	87
5.8.-. Metodos adicionales de control	87

Capítulo VI

BIOQUIMICA

6.1.- Efectos metabólicos	90
6.1.1.- Ácidos	91
6.1.2.- Acetaldehído	92
6.1.3.- Clorofila	92
6.1.4.- Pectinas	92
6.2.- Biosíntesis del etileno y acción	93
6.3.-Cambios de composición	94

6.3.1.- Color	94
6.3.2.- Textura	95
6.3.3.- Sabor	95
6.3.4.- Valor nutritivo	97
6.4.- Desordenes fisiológicos	97
6.4.1.-Disminución de los desordenes fisiológicos	97
6.4.2.-Desordenes agravados por las condiciones MA y CA	97
6.4.3.- Desordenes inducidos por MA y CA	98
6.5.- Pérdida de humedad	99
Capítulo VII	
Conclusiones	101
Bibliografía	111

Título de la tesis: Productos listos para usarse una alternativa de conservación para hortalizas frescas.

Objetivo General: Analizar los aspectos más relevantes de los temas de estudio relacionados con los " Productos listos para usarse " (atmósferas controladas y modificadas, bioquímica, empaque, usos del frío y microbiología) determinando así los parámetros críticos.

I N T R O D U C C I O N

Los Productos listos para usarse constituyen un conjunto de productos vegetales lavados, mondados, cortados desinfectados, envasados en películas plástica (polipropileno frecuentemente) conservados de 5 a 7 días en refrigeración a una temperatura inferior a 4°C.

Esta denominación agrupa diversas mezclas de lechugas, hortalizas ralladas (col, apio, zanahoria) mezclas para sopa y preparaciones de frutas (jugos, pulpas o trozos) así como las hortalizas picadas destinadas a la reutilización industrial. Esto ha conducido a que desde 1986, los estudios básicos hayan sido encaminados hacia la fisiología y la putrefacción microbiológica del tejido de la planta, esto se debe a la corta vida de almacenamiento que es provocada por la ruptura celular provocada por el daño mecánico durante el proceso y el daño fisiológico después del empaque. Para alargar la vida de anaquel de estos productos su actividad metabólica debe ser reducida usando una adecuada cadena de frío. Esto es necesario para asegurar la generación natural de la atmósfera modificada dentro de las bolsas selladas que no estan dañadas. Por otra parte los efectos benéficos de las atmósferas modificadas en el deterioro por reacciones bioquímicas y crecimiento microbiano son marcadamente dependientes de la estabilidad de la temperatura de almacenamiento dentro de márgenes.

La importancia del envasado en una película plástica (empaque) es que permite mantener en numerosos casos, su frescura, sus cualidades organolépticas, nutritivas y su valor comercial. Las frutas y hortalizas son organismos vivos donde la respiración (bioquímica) va a crear en el interior del empaque, una (atmósfera modificada) enriquecida en CO₂ y empobrecida en O₂; Pero es importante destacar que si un vegetal es rayado, picado ó trozado va a tener diferentes coeficientes de respiración y por lo tanto diferentes concentraciones de gases para cada corte.

Las frutas y las hortalizas pueden ser contaminadas por un gran número de microorganismos patógenos para el hombre.

Clostridium Perfringes, Clostridium botulinum, Bacillus Cereus, Salmonella, Shigela, Escherichia Coli, Enteropatogena, Listeria monocitogena, Yersinia Enterocolitica y Aeromona Hidrofila son frecuentemente aislados de productos vegetales (Lund 1988)

Sin embargo los Productos listos para usarse son conservados bajo la cadena de distribución (Usos del frío) con una duración no excedente normalmente de una semana.

Debido a lo anterior la tesis resaltaré los aspectos críticos en los tema.

Nota :El concepto de cadena de frío se esta usando de manera equivalente a el de cadena de distribución

Capítulo I

G E N E R A L I D A D E S

A continuación es presentado de forma general los aspectos relacionados con los "Productos listos para usarse"; Explicándose adelante (en cada tema) aspectos de interés de dichos productos.

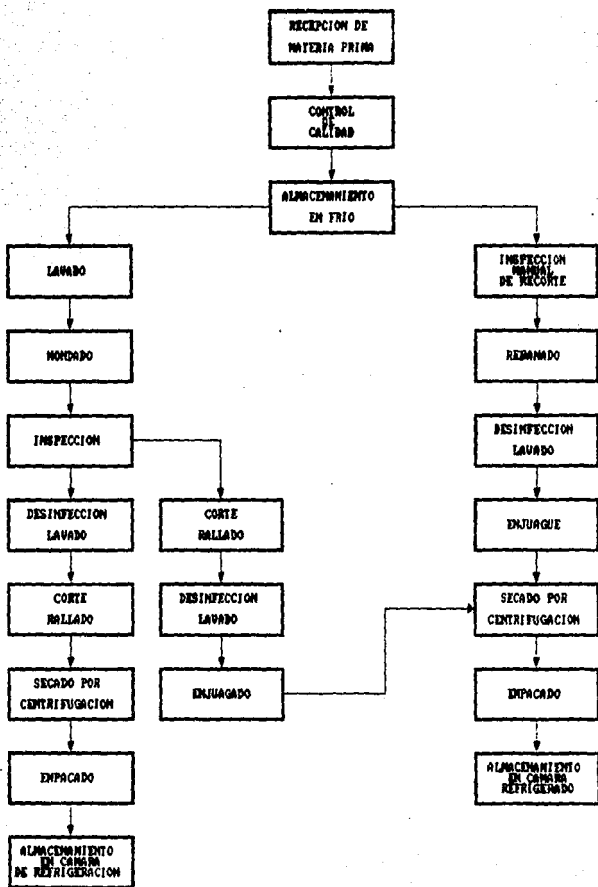
Cuando la integridad del tejido de las frutas y hortalizas es alterado durante el proceso de un producto listo para usarse, los productos son más susceptibles que el material original. (Rolle y Chism, 1987). Los daños mecánicos causados por el mondado, rebanado, el corte en cubos y picado, también son el resultado de la deslocalización celular de las enzimas y sus sustratos. La destrucción de las membranas desencadena varios desordenes bioquímicos tales como el oscurecimiento enzimático, los malos olores y el rompimiento de la textura (Ref 22), realizando el envejecimiento fisiológico y la podredumbre microbiológica.

1.1.- Elaboración de Productos Listos para usarse

Las diferentes etapas de la elaboración en los Productos listos para usarse han sido presentadas posteriormente, en la figura 1:

La descripción de las operaciones del proceso (resumidas en la figura 1), son descritas adelante.

DIAGRAMA DE PROCESO DE PRODUCTOS LISTOS PARA USARSE



RAICES Y TUBERCULOS.

HOJAS DE MORTALIZAS.

1.1.1 Descripción de Proceso para Hojas de Hortalizas

Recepción de materia prima.- El material debe ser cosechado y transportado al producto tan pronto como sea posible; el producto se pesa al llegar a la fábrica.

Control de calidad.- Luego, se efectúa un muestreo de su calidad para determinar si el producto debe ser previamente sometido a algunas de las siguientes operaciones:

- Lavado, para eliminar la suciedad y los residuos de sustancias químicas.
- Selección, para separar los productos no aptos para almacenaje y elaboración

Lavado: El material es lavado y enfriado, con el propósito antes mencionado y además el quitar el calor del campo.

Almacenamiento en frío.- Las frutas y hortalizas se almacenan bajo refrigeración. Al aplicar el frío, se disminuye la respiración de estos productos, prolongando su vida útil. De esta manera, es posible prolongar la temporada de elaboración de estos productos.

Inspección manual de recorte.- Se ha demostrado que el tiempo de vida de los productos, está estrechamente relacionado a su carga bacteriana. Para reducir la contaminación microbiana es necesario quitar las partes contaminadas.

Rebanado.- El rebanado se hace usando navaja afilada que un cuchillo sin filo, ya que el primero da un alargamiento en la vida de anaquel

Desinfección lavado.- El material se somete a un lavado con una concentración de cloro activo de 120 ppm.

Enjuague.- Es removida el agua de lavado.

Secado por centrifugación.-Es importante en esto tipos de productos que después de enjuagar, la humedad deba ser removida. La centrifugación, las pantallas vibratorias y las ventoleras de aire pueden ser usadas.

Empaque.- La película de empaque (polipropileno frecuentemente) debe prevenir la deshidratación y generar una adecuada atmósfera modificada.

Almacenamiento.- El almacenamiento se lleva a cabo en cámaras de refrigeración donde la temperatura es de 2 a 4°C.

Nota:La descripción de proceso para Raíces y Tuberculos solo cambia con respecto a Hojas de hortalizas en dos etapas:

Mondado.- Quitar la cáscara, piel corteza o vaina.

Corte rallado.- Se corta en forma de tiras usando cuchillo afilado.

1.2.- Prevención de la contaminación

A todo lo largo de la preparación deben tomarse medidas eficaces para impedir la contaminación de los alimentos por contacto directo o indirecto con las materias en proceso de transformación.

Las personas que manipulan materias primas ó productos semiterminados, susceptibles de contaminación no deben tocar estos últimos en tanto que no se hayan revestido con el uniforme protección y limpio.

Si existe una posibilidad de contaminación el personal se lava las manos minuciosamente entre las operaciones de manipulado de las diferentes fases de tratamiento.

Todo el material que haya estado en contacto con materias contaminadas es lavado, desinfectados fondo y enjuagado antes de entrar en contacto con productos terminados.

1.3.- Disposiciones del producto terminado

Desde el envasado de los productos, hasta la compra de los consumidores el respeto de la cadena del frío es indispensable en el mantenimiento de su calidad higiénica y organoléptica.

Debe asegurarse que la temperatura sea inferior o igual a 4°C durante el almacenado, el transporte y la puesta en venta de los productos.

1.3.1.- Fecha de caducidad

La selección de la fecha límite de consumo, cuya mención sobre la etiqueta del producto es obligatoria, para los productos que se alteran rápidamente depende principalmente del respeto de las temperaturas de almacenamiento, de transporte, y de la exposición en venta al público. La indicación de caducidad y la temperatura a la que se debe mantener el producto es responsabilidad del fabricante. Se recomienda que el período de conservación entre la preparación de los productos y la fecha de caducidad sea inferior o igual a 7 días (Ref. 18).

1.3.2.- Transporte y Depósito del producto terminado

El producto terminado debe ser depositado y transportado en condiciones tales que se impida su contaminación principalmente por microorganismos ó contra otro tipo de deterioros causado por los embalajes.

El producto terminado en los depósitos debe ser objeto de inspecciones periódicas de manera que se asegure que solamente los alimentos propios para el consumo humano sean entregados a la venta y que las especificaciones relativas a los productos terminados sean respetadas.

1.3.3.- Distribución del producto final

Para la venta al público los productos deben estar expuestos dentro refrigeradores que permitan asegurar en el centro de los mismos la temperatura requerida. Hasta el momento de la compra por el consumidor, el producto debe de conservarse en su empaque original.

1.3.4.- Etiquetado del producto final

El etiquetado de los productos alimenticios preempacados debe mencionar entre otras cosas la denominación de venta, la lista de ingredientes, comprendiendo la mención de aditivos utilizados, la cantidad neta, la fecha límite de consumo, así como la indicación de la temperatura de conservación a respetar, el nombre o la razón social, y la dirección del fabricante, las condiciones particulares de utilización principalmente las precauciones de empleo.

1.3.5.- Control de calidad del producto final

Los controles cualitativos deben permitir verificar que hasta la fecha de caducidad, las características organolépticas como (aspecto, color, textura, sabor, características de la especie ó de las variedades utilizadas) tanto como sus características higiénicas son respetadas.

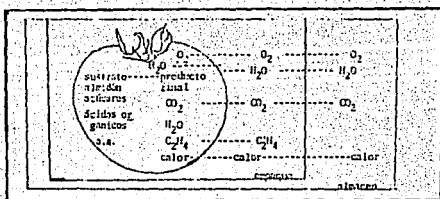
La calidad de los ingredientes crudos en relación con un control de temperatura conveniente através de la cadena del frío, son los factores más significantes ya que predeterminan la vida de almacenamiento de frutas y hortalizas frescas (Ref 13).

Sin embargo la composición atmosférica de los gases dentro de los empaques cambiará debido a la respiración de los tejidos que respiran, produciendo cambios benéficos ó dañinos en la calidad de los producto.

La utilización de una película plástica ayuda a mantener una humedad relativa limitando la deshidratación de frutas y hortalizas (Ref 26).

Pero inversamente el exceso de Humedad y particularmente la capa que se forma en la superficie de la película del producto envasado puede favorecer el desarrollo de ciertos agentes fitopatógenos, los que provocan la exudación de jugo celular utilizable por los microorganismos. Se plantea más adelante en el capítulo de Atmosferas Modificadas y Controladas la forma de regular las concentraciones de O₂ y CO₂.

Fig 2.- Intercambio de gases en el empaqueo de frutas y hortalizas



Fuente: Use of controlled atmospheres to retard deterioration
Food Technology 1980.

Aunque varias películas poliméricas están disponibles como propuestas de empaque, pocas han sido usadas para envolver o empaquetar comercialmente frutas y hortalizas frescas.

Las permeabilidades más adecuadas de O_2 y CO_2 deben caer en el rango de 6000 a 15000 ml de O_2/m^2 día atm. Diversas investigaciones han intentado el modelo de Interacción entre el tejido de respiración y la atmósfera de empaque en un esfuerzo de dar bases analíticas para el diseño del empaquetamiento de atmósfera modificada (MAP). El modelo calculado en el INRA (Instituto Nacional de Agricultura en Monfavet Francia) permite una cercana predicción de la estimación de equilibrio en la atmósfera generada en el balance del consumo de O_2 y producción de CO_2 por la respiración del tejido.

$$X (\% O_2) = \frac{KS X_0}{KS + \alpha m} + \frac{\alpha m X_0}{KS + \alpha m} e^{-((KS + \alpha m)/V)t} \quad \dots \dots \dots (ec. 1)$$

- X = Concentración O_2 (%) al tiempo t
- X_0 = Concentración inicial de O_2
- K = Difusividad de O_2 a través de la película
- S = Área de superficie de la película
- V = Espacio entre producto y película
- m = Peso del tejido
- t = Tiempo de almacenamiento
- α = Proporcionalidad entre la intensidad de la respiración y la concentración del O_2

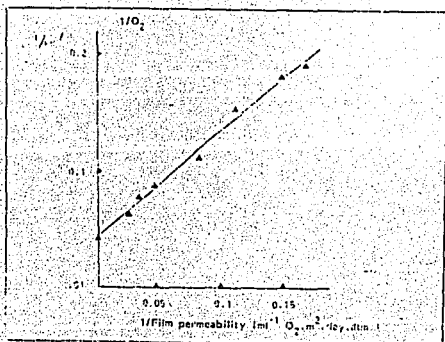
$$\frac{1}{O_2 \text{ (EMA)}} = \frac{\alpha m}{KS X_o} + \frac{1}{X_o} \quad \text{.....(ec 2)}$$

Este modelo simplificado (ec 1) no es muy usado en la practica, pero la ec 2 puede ser usada para determinar la concentración de O_2 a EMA (Atmósfera Modificada Equilibrada) (Ref 22).

La ecuación 2 muestra que el inverso de la concentración O_2 es directamente proporcional al recíproco de la permeabilidad de la película.

La figura 3 muestra que los datos experimentales concernientes a los albaricoques almacenados bajo atmósferas modificadas (Chambroy et al; 1990) se acercan a la linealidad que maneja el modelo matemático.

Fig 3 .- Inverso de la concentración de oxígeno en el equilibrio, en función del inverso de la permeabilidad de la película.



Fuente: La conservation des produits de la 4 eme gamme.

Los envases utilizados deben ser conformes a la reglamentación que concierne a los materiales que tienen contacto con los alimentos y productos destinados a la alimentación humana.

Todos los materiales de envase deben ser almacenados en condiciones de limpieza y de higiene, estos deben ser adecuados al tipo de producto y

a las condiciones previstas de almacenamiento, así mismo no deben transmitir al producto sustancias inadmisible, más allá de las normas en vigor.

Los materiales de envasado deben garantizar resistencia y proteger eficazmente el producto contra la contaminación.

1.4.- Microbiología de las hortalizas en Productos listos para usarse

Las frutas y hortalizas pueden ser contaminadas por un gran número de microorganismos patógenos para el hombre.

Clostridium perfringens, Clostridium botulinum, Bacillus cereus, Salmonella, Shigela, Escherichia coli, Listeria monocitogena, Yersinia enterocolitica y Aeromonas hidrófila son frecuentemente aislados de los productos vegetales (Lund 1988).

Sin embargo los Productos listos para usarse son conservados bajo la cadena del frío con una duración no excedente a 7 días. Se sabe que los Productos listos para usarse son portadores de una abundante microflora saprófita, susceptibles de eliminar los microorganismos poco competitivos y de alterar rápidamente la calidad del producto. Los riesgos de intoxicación conciernen sobre todo a los microorganismos que pueden desarrollarse a 4°C y adaptados al medio epifito (crece sobre la planta). Por estas razones, Yersinia enterocolitica, Aeromonas hidrófila y Listeria monocitogena presentan un riesgo potencial dentro de los Productos listos para usarse.

Capítulo II

A T M O S F E R A S MODIFICADAS Y CONTROLADAS

(MA - CA)

El empaque en atmósferas controladas y atmósferas modificadas (CAP/MAP) es una tecnología que ha ganado popularidad en los Estados Unidos los últimos cinco años, y ha sido aplicada en Europa por lo menos hace un cuarto de siglo con considerable éxito. Se le ha llamado la "Revolución Silenciosa", al empaque en atmósferas controladas y atmósferas modificadas, donde se han cubierto más de 4000 artículos en la última mitad de la década.

2.1.- Definición de Atmósferas Controladas y Atmósferas Modificadas

Los terminos "atmósferas controladas" (CA), "atmósferas modificadas" (MA), significan que la composición atmosférica alrededor del producto perecedero es diferente del aire normal. Ambas comunmente involucran control de los niveles de dióxido de carbono, oxígeno y nitrógeno; sin embargo, otros gases tales como el monóxido de carbono, el etileno, están incluidos.

Las atmósferas modificadas difieren de las controladas solo en como las presiones parciales de los gases son precisamente controladas; las CA es más precisa que las MA. (Ref 1).

Para los " Productos listos para Usarse " la atmósfera que es utilizada es la modificada.

Composición gaseosa normal del aire.

Concentración de O₂ 21.0 %

Concentración de CO₂ 0.3 %

Concentración de N₂ 79.0 %

El uso de una Atmósfera Modificada se contemplaría en los siguientes intervalos: 14 - 16 % O₂

3 - 5 % CO₂

El uso de las atmósferas controladas tiene los siguientes valores:

14.5 % O₂

3.5 % CO₂

+ 0.5% (Este valor es para cada caso)

2.1.1.- Tipos de Atmósferas

Atmósfera Tipo 1

Ricas en O₂ y CO₂; O₂ + CO₂ = 21 %

Atmósfera Tipo 2

Pobres en O₂ y ricas en CO₂; O₂ + CO₂ < 21 %

Atmósfera Tipo 3

Pobres en O₂ y muy pobres en CO₂ ; O₂ + CO₂ < 21 %

Se toma como referencia el 21% ; por que en el aire hay 21% de O₂ y muy baja concentración de CO₂.

Para productos muy sensibles al CO₂, se ocuparía la atmósfera tipo 3.

Los dos tipos de atmósferas, tanto la controlada como la modificada siempre son llevadas a cabo con refrigeración.

Las Atmósferas Modificadas y las Atmósferas Controladas se recomiendan en los siguientes casos:

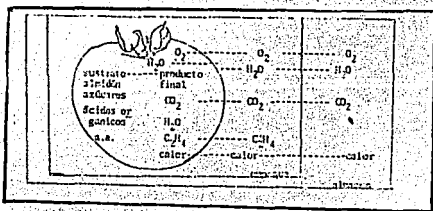
- Productos que requieran transportes prolongados.
- Productos muy sensibles al daño por frío.
- Productos que se cosechan maduros

El control para este tipo de atmósferas se menciona en la parte de Factores tomados en cuenta en la generación de atmósferas.

2.1.2.- Sistema envase- Producto

• **Atmósfera modificada- producto.-** En esta propuesta, una respiración activa y la metabolización del producto reduce el O_2 , e incrementa el CO_2 en el aire ambiente dentro de la cámara. Los depuradores de etileno y CO_2 son usados cuando además estos componentes son considerados perjudiciales al producto. Varias técnicas han sido usadas para llevar a cabo la creación de condiciones deseadas producto -atmósfera modificada. Estas incluyen ceras y otros revestimientos de superficie, coverturas plásticas con ventanas de difusión, manipulación de contenedores de embarque, pallets cubiertos, empaque como películas envueltas y bolsas, dentro de un almacén refrigerado (fig 4), la manipulación del ambiente puede tomar lugar en un sistema MA (Kader y Morris, 1977). (Ref 1)

Fig 4.- Modelo del producto dentro de una atmósfera controlada, ilustrando un intercambio de gases a través de 3 barreras, el producto por sí mismo, el empaque y el cuarto de almacenamiento.



Fuente: Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce.

Existe un equilibrio dinámico entre los gases endógenos producidos en varios centros de la acción de la enzima en la célula y los gases exógenos alrededor del producto; el balance entre componentes exógenos y endógenos esta influenciado por la velocidad de difusión dentro y fuera del producto y por la atmósfera resultante dentro del producto (Burton, 1978).

2.2.- Parámetros críticos en la Generación de las atmósferas:

Las condiciones creadas y mantenidas dentro de un empaque son el resultado neto de la interacción entre diversos factores; ambos, producto - medio ambiente generado, serán discutidos a continuación:

2.2.1.- Factores que determinan el paso de gases através de la película y por lo tanto la atmósfera interna

- Cantidad de producto
- Superficie de la película
- Espesor de la película
- Tipo de película (permeabilidad a los gases)
- Temperatura y Humedad Relativa del almacén

2.2.1.1.- Velocidad de respiración Producto

- Temperatura
- Estado Fisiológico
- Estado producto (daños microbiológicos, fisiológicos)
- Tipo de producto

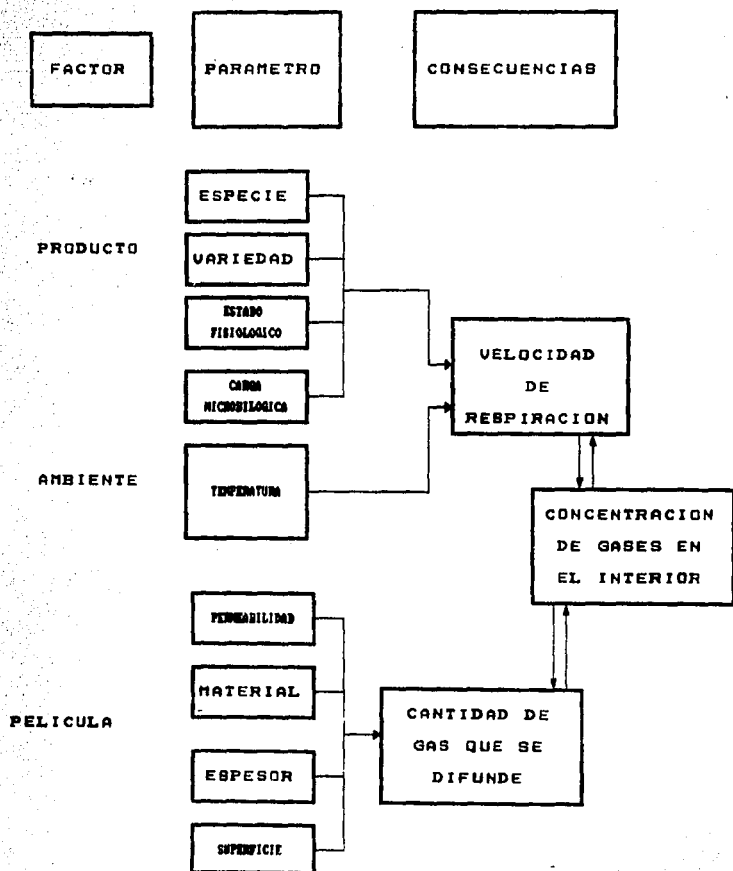
2.2.1.2.- Difusión de gases através de el empaque

- Material
- Espesor
- Temperatura
- Relación peso producto/superficie película

2.2.1.3.- Control

- Temperatura
- Peso/superficie
- Material y espesor
- Absorbentes CO₂, C₂H₄, H₂O, Hidroxido de calcio
- Orificios (perforaciones al empaque)

**DIAGRAMA INTEGRAL EN LOS PARAMETROS CRITICOS EN LA
GENERACION DE LAS ATMOSFERAS.**



Bajo las tecnologías CA/MA, los alimentos se dividen en:

(a) productos que respiran (productos frescos - sistema vivo) y (b) productos que no respiran (alimentos cocinados, pasta, ect.) Esto se basa en la actividad metabólica presente. Esta distinción es necesaria por que los parámetros críticos y la optimización del sistema podría variar, dependiendo del alimento bajo consideración. (respiran vs no respiran), pero su importancia relativa depende del producto específico.

Los parámetros mencionados através de la literatura estan resumidos en la tabla 1(Ref 13)

Tabla 1.- Parámetros del producto que influyen un sistema CA /MA.

A Parámetros del producto

 Especie

 Variedad

 Estado Fisiológico

 Grado de madurez

 Resistencia a O₂ y CO₂

 Calidad microbiológica

B Puntos críticos

 Selección del producto y temperatura

 Control CO₂, O₂, C₂H₄ y H₂O

 Selección adecuada de la película

 Control microbiológico y vida de almacenamiento del producto

 Sistema de distribución

 Sistema de monitoreo en todos los puntos de la venta

 Control de temperatura en el punto de la venta

 Manejo del consumidor entre la venta y el consumo

Fuente: Challenges of controlled and modified atmosphere packaging.

Sin embargo existe un segundo parámetro igualmente importante Tabla IB, que determinará la viabilidad de los productos refrigerados bajo CA/MA.

El sistema de distribución regularmente termina en el almacén al por menor, mientras que la cadena de distribución se extiende desde el crecimiento del producto en el campo hasta la mesa del consumidor. La diferencia es probablemente insignificante pero tiene demasiadas complicaciones cuando se implementa CA/MA en alimentos refrigerados. La responsabilidad del industrial en alimentos es dar alimentos frescos, nutritivos y seguros al consumidor, no en la parte final de la cadena de distribución cuando se entrega al almacén de venta al por menor. La calidad de la materia prima en fresco (ambas organoléptica y microbiológica), así como la selección de un empaque apropiado en un control adecuado de temperatura a través de la cadena del frío, son los factores más importantes en la tabla IA. Estos dos factores predeterminarán normalmente la vida de almacenamiento de un producto en particular antes de que entre al sistema de distribución.

Hasta ahora varios artículos han reportado que la aplicación de atmósferas controladas ó modificadas mantendrán solamente el artículo alimenticio en su calidad original por una determinada cantidad de tiempo (De Leiris, 1987; Labuza y Breene, 1987; NFPA, 1988). (Ref 17)

La materia prima con una calidad superior puede alcanzar la clase y comerciabilidad de algun producto terminado. La calidad microbiológica o estado del alimento previo al empaque es una variable crítica en el termino calidad. La carga inicial microbiana en combinación con la temperatura de la cadena de distribución total determinará si las metas finales de la vida de almacenamiento y el punto comercial buscado sera alcanzado. Una alta carga microbiana, condiciones de higiene pobres durante, las condiciones de proceso y el uso de temperaturas mayores que las recomendadas para un alimento en particular, puede acortar la vida de anaquel de los productos de un 50-70%.

Algunos métodos para evitar esto son:(a) el uso solo de los mejores materias primas , (b) reducir la microflora del alimento por

diferentes medios (sanitización) de lavados, (c) establecer estrechas especificaciones del control en la temperatura en todo el sistema. El objetivo en el paso de reducción en la microflora es cortar la carga microbiana y, si es posible, conservar los microorganismos permanentes en una fase de retraso en sus curvas de crecimiento.

La prevención de la fase de crecimiento exponencial puede lograrse a través del control de temperatura o por la inclusión de otros factores de seguridad, o barreras seguras como pH, A_w , procesos térmicos, etc. A este punto se le debe dar la condición importante en los brotes de patógenos los cuales representan un definitivo daño a la salud pública; los patógenos regularmente entran a través de contaminación las cuales se pueden dar en diversas áreas: higiene de empleados, operaciones de la planta, construcción, y equipo, mantenimiento; sanitización; y materiales crudos. Los materiales de empaque, el equipo de empaque, y la mezcla de los gases son los parámetros importantes; aunque su contribución individual no es tan significativa como la calidad inicial y la temperatura, su efecto combinado es crítico para mantener la calidad total. Esto es considerado como el corazón de los sistemas CA/MA.

Para obtener los resultados deseados de la permeabilidad de la película (empaque) al CO_2 debe ser tal que éste escape lo suficiente del empaque mientras al nivel óptimo de CO_2 es mantenido adentro. La descripción de los materiales para el desarrollo de lo anterior es llamado "películas inteligentes" (las características se explican más adelante) que actualmente podrían ajustar sus permeabilidades a lo requerido (Ref 4).

Un trabajo considerable está siendo hecho en el desarrollo en las áreas de (a) incremento en la disponibilidad de los materiales permeables al O_2 para productos frescos, (b) compatibilidad y sellabilidad de materiales baja-barrera, (c) materiales con barreras apropiadas que tendrían una función directa de la temperatura alrededor del producto.

2.3.- Factores involucrados en la creación de Atmósferas Controladas y Modificadas

2.3.1.- Factores Producto:

- Resistencia interna del producto a la difusión de O₂, CO₂.- Varias frutas y hortalizas son tolerantes a los niveles de 1-5% de O₂ y niveles por arriba de 5-10% de CO₂. Las cantidades de O₂ (ó CO₂) disponibles dentro de la célula se ha determinado por la resistencia que opone el vegetal a la difusión del gas. La resistencia a la difusión del gas varía entre diferentes vegetales, sus órganos, y etapas de maduración, pero se ve afectado por la temperatura. Las discrepancias anatómicas son las responsables por la resistencia de difusiones desiguales. Diferencias bioquímicas entre diferentes frutas y hortalizas frescas, pueden ser las responsables a las diferentes tolerancias a concentraciones de O₂ bajo y a las concentraciones elevadas de CO₂ en MA.

2.3.2.- Respiración.- Los efectos primarios ó principales de la MA son disminuir la velocidad de respiración, la cuál reduce la velocidad de oxidación en los sustratos. El resultado es la disminución del metabolismo y el alargamiento del potencial de vida de almacenamiento. El cociente de CO₂ producido y O₂ consumido, se conoce como el coeficiente respiratorio (RQ), que normalmente es 1, pero puede estar en el rango de 0.7 a 1.3 dependiendo del sustrato metabólico existente utilizado. Han existido algunas proposiciones, acerca de que las condiciones de la MA pueden alterar el RQ, el cuál en consecuencia afectaría la atmósfera creada por la respiración del producto dentro del empaque (Kader et al., 1988., Tomskins, 1965). La velocidad de respiración es sensible a los cambios de concentraciones de O₂ por abajo del 8% y concentraciones de CO₂ por arriba del 1%. Sin embargo si el O₂ es reducido o el CO₂ es elevado más allá de los niveles de tolerancia del producto, la respiración se asociará a una respiración anaeróbica o los daños de CO₂ aumentarían.

2.3.3 Producción de etileno

Exponer frutas climatéricas al etileno dispara irreversiblemente en la velocidad de respiración y la maduración rápida.

Una reducción en la producción de etileno asociada con la MA y CA puede retrasar el arranque del climaterio y prolongar la vida de almacenamiento de estas frutas, sin embargo en las frutas y las hortalizas no climatéricas puede reducir la producción de etileno y disminuir la velocidad de respiración atribuida a MA. La producción de etileno es reducida por cualquiera de los dos: concentraciones bajas de O₂ y/o concentraciones elevadas de CO₂.

2.3.4.- Temperatura Óptima

Los procesos metabólicos incluyendo respiración y velocidad de maduración son sensibles a la temperatura. Las reacciones bioquímicas generalmente aumentan de 2 a 3 veces por cada 10°C que aumenta la temperatura. Generalmente la vida de anaquel de frutas y hortalizas, es mayor a más bajas temperaturas. Sin embargo cada producto tiene una temperatura límite baja, por abajo de este límite de enfriamiento pueden ocurrir daños por frío incrementando la velocidad de respiración, apresurando la senescencia, y disminuyendo así el valor del producto.

La temperatura óptima puede variar según las condiciones. Por ejemplo, la reducción o la elevación de CO₂ puede vencer el impacto de la baja temperatura en el proceso de maduración. Pocos daños de enfriamiento han sido asociados con las elevadas concentraciones de CO₂ en algunos productos. El manejo de las temperaturas apropiadas en productos frescos, es quizás la parte más importante de la manipulación postcosecha y los límites de tolerancia pueden ser ampliados levemente por MAP.

2.3.5.- Humedad Relativa (H.R) óptima

La humedad relativa baja puede aumentar los daños por transpiración. Uno de los beneficios del MAP y el empaquetamiento en general, es el mantenimiento de la H.R adecuada, dentro del empaque. Pero se pueden tener problemas cuando la H.R consigue valores altos, causando condensaciones de vapor de agua, dando lugar a condiciones favorables para el crecimiento microbiano. La condensación en la superficie de la película del empaque puede adversamente afectar las propiedades de la permeabilidad del gas en la atmósfera (Ref 26)

2.4.- Concentraciones óptimas de O₂ y CO₂

La película ideal para productos que respiran, es aquella que deja salir más CO₂ que entrar O₂. Las permeabilidades de CO₂ deben estar en el rango de 3-5 veces mayor que la permeabilidad del O₂, dependiendo de la atmósfera recomendable para el producto.

El empacar frutas y hortalizas frescas en películas plásticas pueden crear; alta humedad, un medio ambiental bajo O₂ favorable para microorganismos patógenos. El cuidado debe ser extremo para asegurar, sanidad propia, y evitar condiciones favorables para el desarrollo y reproducción de tales microorganismos. Por ejemplo el *Clostridium botulinum*, el cuál se reproduce en condiciones altas de humedad, concentraciones bajas de sal, acidez baja, y condiciones bajas de O₂ con una temperatura por arriba de los 3.3°C (Ref 26). Así mismo disminuir la concentración de O₂ ya aumentar la concentración de CO₂ puede ocasionar daño fisiológico.

2.5.- Susceptibilidad de los productos concentraciones extremas de CO₂ y O₂

Cada producto va a tener una concentración crítica de O₂ y CO₂.

Por ejemplo si un producto tiene:

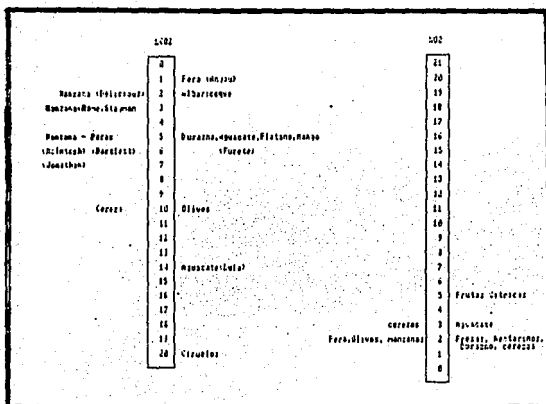
Concentración crítica de O₂ = 12%

Concentración crítica de CO₂ = 3%

Esto significa que puedo usar una concentración de O₂ entre 12 - 21% y Concentración de CO₂ del 1 - 3% ; y entre estos rangos encontrar la atmósfera óptima.

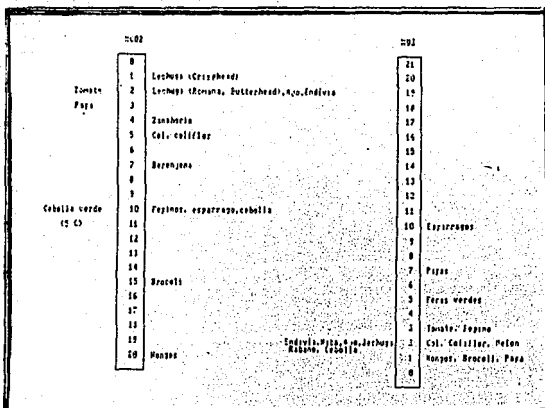
La tolerancias relativas (límites para conservar por gases como es el caso del O₂ y CO₂ sin causar daño al producto) de las frutas y hortalizas para reducir el O₂ y elevar el CO₂ es de importancia significativa cuando se establece un sistema - atmósfera modificada y cuando se determinan velocidades adecuadas de aereación. Kader y Morris (1977) revisaron datos publicados y datos no publicados y subsecuentemente tabularon los límites de tolerancia de frutas (fig 5) y hortalizas (fig 6) para concentraciones elevadas de CO₂ y concentraciones reducidas de O₂.

fig. 5.- Tolerancias relativas de hortalizas a concentraciones elevadas de CO₂ y concentraciones reducidas de O₂ (Ref 1).



Fuente: Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce.

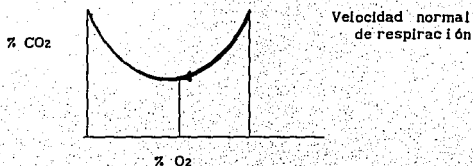
fig 6.- Tolerancias relativas de hortalizas a concentraciones elevadas de CO₂ y concentraciones reducidas de O₂ (Ref. 1).



Fuente: Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce.

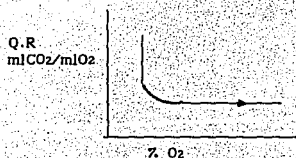
Si no se conocen las condiciones críticas del producto es necesario determinarlas experimentalmente sometiendo el producto a las siguientes curvas.

fig 7.- Concentración crítica de O₂ contra Producción de CO₂



A medida que disminuye la concentración de O₂ disminuye la velocidad de respiración hasta que se llega a la concentración crítica de O₂, donde se aumenta la velocidad de respiración, eso quiere decir que hay fermentación anaeróbica.

fig 8.- Q.R coeficiente respiratorio contra concentración de O₂



Cuando el cambio del coeficiente respiratorio es mayor o menor de 1, se tiene problemas con el producto, ya que puede estar presentando una anaerobiosis; Por lo tanto el producto tendrá que ser sometido a otras concentraciones diferentes.

Los límites de tolerancia pueden variar como una función de la temperatura, tiempo de exposición, gases adicionados, edad fisiología involucrada.

Numerosos factores han demostrado la influencia de los efectos de CA y MA en frutas y hortalizas. El producto por si mismo difiere marcadamente en su respuesta a la elevación de CO₂ o a la disminución de O₂, como una evidencia de las tolerancias relativas discutidas arriba. La lechuga crisphead muestra signos de oscurecimiento (una forma de daño del CO₂) cuando se sujeta a niveles de CO₂ de 1% ó mayores, mientras que la lechuga romana puede tolerar niveles arriba del 2% de CO₂ (Lipton 1977).

Los diferentes cultivos difieren ampliamente en su respuesta a la elevación de CO₂ o a la disminución del O₂, Brecht et al (1973) sometieron 11 cultivos de lechuga a concentraciones elevadas de CO₂ y notaron diferencias significativas en la incidencia y severidad del manchado por oscurecimiento. La composición atmosférica (CO₂, CO, O₂) ha mostrado influencia significativa de la incidencia y severidad del oscurecimiento (Brecht et al. 1973, Kader et al., 1973).

Los efectos de la CA y MA son altamente dependientes de la temperatura. Los niveles significativos de oscurecimiento han sido notados a 0°C, mientras que un menor oscurecimiento (Ref 1) ha sido reportado a 10°C ó por arriba.

En el caso del oscurecimiento en lechuga crisphead, el tiempo de exposición se ha encontrado crítico, desde 2 a 30 días (Brecht et al., 1973).

2.6.- Aseguramiento del Control de calidad por parte del Industrial

En este periodo (control de calidad) de la cadena de distribución para vegetales frescos; la industria alimenticia esta enfocada al área de crecimientos en las demandas comerciales con acciones mínimas regulatorias. El objetivo de la industria responsable de alimentos debe estar diseñada a entregar al consumidor alimentos que todo el tiempo y bajo el abuso de condiciones extremas razonables aseguren la calidad y las características organolépticas deseadas por el consumidor a precio razonable. Los términos subrayados son la clave de este objetivo. Las definiciones específicas, interpretaciones, y los estandares de operación dan a estos términos como fabricar; determinando así el comercio de el producto. (Ref 13)

• Los consumidores.- Ellos tienen que estar complacidos con la calidad ofrecida, sus gustos o disgustos hacen que un producto triunfe ó fracase.

• Todo el tiempo.- Las responsabilidades del industrial es dar a la mesa del consumidor productos sanos y seguros. Los dos segmentos en la cadena de distribución que causan la mayoría de los fracasos en productos CA/MA son en la venta al por menor y el manejo del consumidor. Esto ha sido documentado después de examinar los refrigeradores caseros en donde la temperatura esta en rangos desde 1.7 a 20.2°C. El mismo estudio de alimentos refrigerados en los almacenes generó anaqueles en rangos de temperaturas de -0.8°C a 18.4°C (Rose, 1986). Estos datos reafirman la necesidad del control absoluto de la temperatura (Ref 13) através de la cadena de distribución.

• Abuso razonable.- Los productos se enfrentan al abuso de condiciones de temperatura y mal manejo en cualquier lugar através de la cadena de distribución. Si este abuso ocurre durante el manejo del consumidor, el producto debe poder tolerar esto; y la peor situación es que debe mostrar signos visibles de podredumbre antes de que se del crecimiento de bacterias patógenas.

Además es recomendado que barreras multiples o propuestas de obtáculos

como barreras a la actividad de agua, acidez, flora competitiva deben ser usados cuando se formulan nuevos productos . En suma, un buen-diseño Análisis de daños/ Sistema de control en puntos críticos (HACCP) identificará y monitoreará los puntos críticos donde especial énfasis debe ser puesto (Corlett, 1987). La definición del termino es " abuso razonable" depende de que es un riesgo aceptable ó considerable; un ejemplo en la industria de las conservas es cuando el riesgo es observado en una lata que puede desarrollar botulismo en cada 260 billones de conservas de alimentos consumidos (5 casos de botulismo en $1.3 \cdot 10^{12}$ latas producidas en los últimos 42 años)(Kopetz, 1987). Esto es considerado un riesgo aceptable por los industriales de conservas en alimentos.

• Seguridad.-No es un término absoluto; es entender y, apreciar las diferentes maneras en las que un alimento puede ser peligroso y las medidas especiales que se toman para prevenir lo que pudiera pasar. Las tecnologías establecidas como la de las conservas, tienen un pequeño, pero definido daño potencial asociado con esto. Aunque el riesgo asociado con CAP/MAP y alimentos refrigerados es mucho mayor con respecto a las conservas, un buen diseño de un sistema totalmente integrado ayudaría a reducir esto a niveles aceptables .Etiquetas apropiadas, por ejemplo, pueden usarse para alertar a los consumidores o comerciantes al por menor acerca del manejo especial que debe ser usado para incrementar la conciencia del consumidor con respecto al producto.

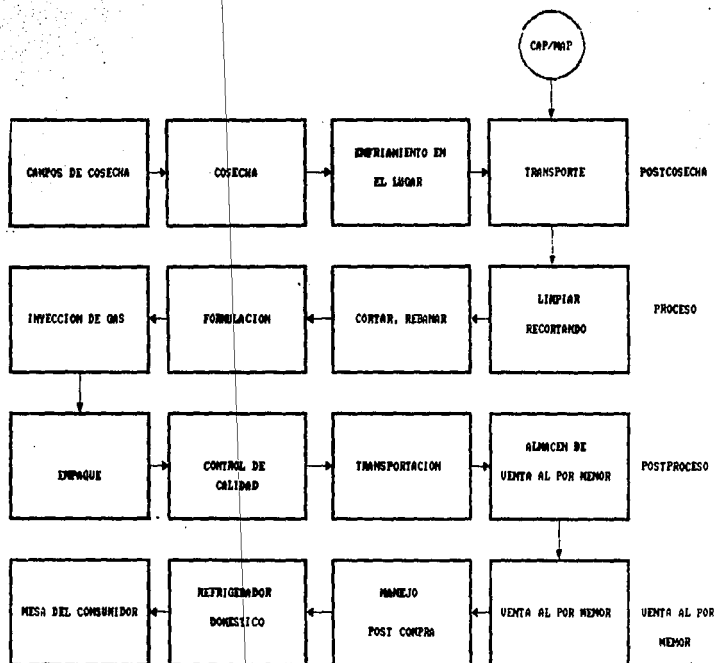
• Calidad a precio razonable.- El costo de la implementación de las medidas anteriores no debe ser tal que el producto se salga de lo comercial por el precio. Recientes fracasos en alimentos refrigerados fueron atribuidos al valor de mala calidad/precio. Esto es importante para dar al buen consumidor, una calidad total del producto a un razonable precio; aunque el consumidor no esta consiente del complicado sistema y de los costos de las nuevas tecnologías requeridas para dar la frescura deseable, el/ella demandaran un alto valor /precio.

2.7.- El reto en la implementación de CA/MA

El reto de implantar sistemas CA/MA es altamente dependiente en el entender la naturaleza multidisciplinaria de la tecnología, donde los parámetros críticos están en el equilibrio dinámico con un intercambio en el medio ambiente esto es el sistema de distribución, la composición atmosférica del espacio. El tecnólogo de alimentos tiene que estar familiarizado con todos los parámetros que afectan el sistema y los efectos netos de cada posible desviación de la normal. Además el sistema tendría que emplearse con las especificaciones estrictas las cuales serán rigurosamente cumplidas (Ref 13). El desafío de la implementación de las técnicas CA/MA variará dependiendo de si el producto alimenticio cae en la categoría en la que el producto respira o no respira. Sin embargo las normas básicas y los procedimientos respecto a la higiene, seguridad, manifestación de calidad, y puntos críticos son los mismos respecto al tipo de alimento. Debe ser tomado en cuenta que los alimentos tienen tejido biológico, el oxígeno será consumido, a través de la respiración, oxidación, ó acción microbiológica. Además un cuidado extra debe ser tomado para evitar la anaerobiosis en los empaques cuando se seleccionan los materiales de empaque.

En la (fig 9) se muestra, el manejo ideal del alimento para los productos frescos; sin embargo este diagrama puede ser usado para otros productos refrigerados con algunos cambios específicos - producto. Esta cadena está dividida en cuatro ciclos, cada uno con sus diferencias, para muy definidos objetivos.

**DIAGRAMA DE LA CADENA DE DISTRIBUCION PARA
VEGETALES FRESCOS**



Fuente: Challenges of Controlled and Modified Atmosphere Packaging: A Food Company's Perspective

El primer ciclo, llamado postcosecha debe dar vegetales frescos preenfriados y preespecificados, al máximo de su calidad y a la facilidad de industrialización. Durante este ciclo, en el lugar de enfriamiento, el mantenimiento de la baja temperatura es crítico. La acumulación del etileno, fenómenos climatericos/no climatericos y la contaminación patógena postcosecha, debe ser aislado y resuelto en este período (Kader et al., 1985). Las tecnologías de atmósferas controladas y modificadas podrán ser aplicadas en este período durante la transportación o durante el corto - tiempo de almacenamiento a granel para dar el orden de los horarios de proceso ó para resolver los períodos de estacionalidad.

La temperatura ideal debe estar entre 0.5°C - -3.3°C (a menos que el producto sea sensible a estas temperaturas).

El ciclo de procesamiento, el segundo ciclo, es donde el producto es formulado de acuerdo a las necesidades del consumidor y lo que desea, tomando en cuenta el estado del sistema de distribución y las condiciones propuestas de venta al por menor. Durante este ciclo, todo es limpiado, cortado y es checado microbiológicamente, esto se hace para asegurar la salud y seguridad de todos los ingredientes bajo estrictas condiciones de refrigeración ($1.6 - 4.4^{\circ}\text{C}$). El principio de la barrera múltiple debe ser usado a este punto para formular un producto que resista el crecimiento de microorganismo patógeno.

Post- proceso, el tercer ciclo, con inyección de flujo de gas (en caso de crear atmósfera controlada) y empaque. Aunque estas dos operaciones son regularmente incluidas en el ciclo de proceso por que la relación interactiva es cerrada con el sistema de distribución y el sistema de venta al por menor, estas deben ser consideradas como parte de un ciclo post - proceso. Los gases y los materiales de empaque seleccionados aquí son una pequeña parte de todo el sistema. La interacción de estos gases con el alimento y su microflora por un lado, las condiciones de distribución y venta al por menor por otro lado, determinarán el empaque en particular/

selección del gas la cuál maximizara la vida de anaquel del alimento sin sacrificar la seguridad microbiológica.

Finalmente, la venta al por menor, el cuarto ciclo incluye todo la venta y el manejo del consumidor. Los controles limitados del industrial, en suma con el bajo nivel del personal respecto a los resultados de la refrigeración hace a este ciclo el punto más probable de daños potenciales con algun alimento refrigerado bajo CAP/MAP.

Como un medio de dar control en el ciclo de venta al por menor para el autoservicio del consumidor, el propietario, hace un monitoreo en los gabinetes .

Este sistema le permite al industrial tener un mejor control sobre la mercancía de venta al por menor y establecer mejores estandares de temperatura.

2.8.- Características de las películas inteligentes

La pérdida del control de temperatura sobre el sistema total de distribución pone más énfasis en el desarrollo de materiales de empaque y películas que constantemente interaccionan con el alimento así también como con las condiciones ambientales exteriores (temperatura, composición de gases, luz, etc). Esto crea la nueva área total de "activo" ó "empaque interactivo" del cual existen dos tipos generales: empaques que permiten la difusión y los que no la permiten, para el uso de alimentos que respiran y que no respiran respectivamente. El empaque que permite la respiración deja que los gases entren y salgan del mismo, La atmósfera modificada final es el resultado de un equilibrio dinámico, el cuál es una función de los parámetros permeabilidad preferencial de gas en la película, temperatura, velocidad de respiración, humedad relativa, área superficial, etc. Por otro lado los empaque que no permiten la respiración, no dan un intercambio de gases entre el interior del empaque. .

Las propiedades alta barrera del empaque inhibiran la entrada de oxígeno atmosférico cuando disminuya la concentración de oxígeno en el empaque. Aunque esta técnica es usada muy frecuentemente en Francia para empacar vegetales frescos, limpiados y picados en combinación con un sistema de distribución que corre a $-15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, no es recomendable para el uso en los E.U. por la pérdida del control en las temperaturas y los requerimientos de vida de anaquel mayor dando como resultado una anaerobiosis (concentraciones de oxígeno menores del 5%). El concepto de "empaque interactivo" ha creado empaques nuevos llamados películas inteligentes que exhiben permeabilidades de O_2 y CO_2 que son de tres a cuatro veces más permeables que los materiales usados que los materiales usados actualmente para productos frescos.

Sin embargo, la necesidad por "algo más de inteligencia" de películas o empaques, son evidentes cuando se considera el abuso de temperatura, mal manejo que un producto puede encontrar durante, el tercero o cuarto ciclo del alimento en la cadena mostrado en la fig 9. Las características deseadas para estas películas "más inteligentes" deben incluir lo siguiente:

- (a) Habilidad para reducir o eliminar sus propiedades de barreras en el caso de incrementos en la temperatura
- (b) Los cocientes de permeabilidad O_2/CO_2 estan en la relación de 1:4
- (c) Variación en el cociente de permeabilidad O_2/CO_2 (preferentemente ajustada a la permeabilidad de gas) como una función de la temperatura
- (d) El control en la velocidad de transmisión del vapor de agua (MVTR), para prevenir la acumulación de vapor supersaturado y por lo tanto los problemas de condensación,
- (e) Habilidad para advertir al consumidor que la calidad del producto no esta en el punto, o que el producto no tiene las condiciones adecuadas de manejo.

Un empaque que combinara todas o partes de estas características ayudarían a minimizar o eliminar el escepticismo en cuanto a CA/MA. (Ref 13).

2.9.- Beneficios Potenciales de las Atmosferas Modificadas y Controladas

Usar la CA y MA apropiadamente, puede generar condiciones apropiadas de conservación para mantener la calidad organoléptica de frutas y hortalizas seleccionadas para mayor vida de anaquel que las encontradas a condiciones de aire normal. Alargar la vida de almacenamiento mientras se mantiene la calidad comercial deseable, abre la puerta a nuevas tecnologías de comercio y permite incrementar la flexibilidad en las demandas comerciales.

▪ Retarda la senescencia y cambios asociados tanto fisiológicos como bioquímicos. La reducción de la maduración a concentraciones de O₂ más bajas que el aire, ha sido reportado para ciertas frutas y hortalizas por varios investigadores (Smock, 1979). Enriquecer los niveles de O₂ a concentraciones mayores que las del aire ha demostrado que apresura la maduración en plátanos y manzanas pero no tiene efecto en aguacates (Ulrich, 1975). Elevar las concentraciones de CO₂ han demostrado un retardamiento en la maduración de melones (Ref 1).

• Reduce la sensibilidad del producto al etileno.- El etileno ha demostrado daños a varias frutas y hortalizas acelerando la senescencia. La aceleración de la maduración durante el tránsito es considerado indeseable, como es el caso de los platanos.

Disminuir el O₂ ó, elevar el CO₂ ha demostrado tener influencia marcada; reduciendo la maduración de platanos (Woodruff, 1969; Blanpied y Hansen 1969) y jitomates (Blanpied y Hansen, 1969). Por otro lado, el etileno madura las peras Anjou a todos los niveles de O₂ probados (Blanpied y Hansen, 1969). (Ref 2)

• Amnora o Mitiga ciertos desordenes fisiológicos.- Reducir el O₂ y elevar el CO₂ puede disminuir ó mitigar los síntomas de daño por frío de hortalizas. Por ejemplo elevar las concentraciones de CO₂ (10-20%) reduce significativamente los daños por frío de chile pimiento

conservados a 5°C. Sin embargo reducir el O₂ tiene un pequeño o no efecto en la disminución de los daños por frío de jitomate (Morris, y Kader 1977).

2.10.- Daños Potenciales de Atmósferas Controladas y Modificadas

Aunque las CA y MA han demostrado ser beneficiosas para alargar la vida de almacenamiento de varias mercancías, éstas pueden, cuando se usan incorrectamente, inducir efectos adversos.

Los daños potenciales son los siguientes:

- **Agravación de ciertos desordenes fisiológicos.-** Bajas concentraciones de O₂ han demostrado que inducen la necrosis en papas. Este desorden es normalmente notado a elevadas temperaturas (29.4° C ó arriba) cuando la actividad respiratoria es mayor, por lo tanto la demanda de O₂ es mayor (Ryall y Lipton, 1972). La severidad del manchado por oscurecimiento en lechuga crisphead se ha demostrado que se incrementa cuando se aumenta el CO₂ (1-5%) y se disminuye el O₂ (21-1%).

Elevar las concentraciones de CO₂ han sido demostrado por (Morris y Kader, 1977) que causa daños en ajo (arriba del 20% CO₂), jitomates verdes (arriba del 2%), chile pimiento (arriba del 10%), pepinos (arriba del 10%), melones (arriba del 40%), y hongos (arriba del 50%). Se ha demostrado que las elevadas concentraciones de CO₂ inducen necrosis en manzanas y peras y daños por CO₂ a platanos (Ulrich, 1975).

- **Maduración Irregular.-** La maduración irregular de jitomates ha sido demostrada por (Morris y Kader 1977) que están asociadas a la reducción de O₂ (abajo del 2%) y a las elevadas concentraciones de CO₂ (arriba del 2%).

- **Desarrollo de malos sabores y olores.-** A muy bajas concentraciones de O₂ (abajo del 1%), los malos sabores son causados por reacciones fermentativas que pueden tomar lugar. Este efecto indeseable ha sido notado en platanos, manzanas, aguacates y otros productos (Ulrich

1975). Elevar las concentraciones de CO₂ (arriba 15%) ha sido demostrado por (Ulrich, 1975) que produce malos sabores en diferentes frutas (fresa, naranja, manzana y plátano).

2.11.- Experiencias Europeas versus Experiencias Americanas

Ciertas diferencias básicas entre el comercio Europeo y Norteamericano explican porque CA/MA ha sido aplicado exitosamente por más de 25 años en Europa y menos tiempo en los Estados Unidos. Tales diferencias incluyen: (1) Países geográficamente más pequeños/sistemas de distribución (100-200 millas de radio) en Europa; (2) Más compradores. (3) Mayor conciencia y aceptación de los consumidores Europeos por los productos refrigerados; (4) sistema total/ propuesta de calidad para la tecnología CA/MA; (5) Mayor disponibilidad de precios en el comercio Europeo comparado a los Estados Unidos; hecho factible y económico de la tecnología CAP/MAP. (6) La presencia Europea de las grandes cadenas tales como Marks y Spencer dedicadas a la alta calidad de productos refrigerados.

Todos estos factores han contribuido significativamente al éxito de CA/MA en Europa y al mismo tiempo han inhibido la difusión de la tecnología en los Estados Unidos. En suma, los avances geográficos del comercio Europeo y otros factores que influenciarán a la tecnología CA/MA y los alimentos refrigerados fueron promovidos en Europa por Supermercados y por múltiples tiendas.

Como resultado de estas operaciones existió una excelente demanda en el desarrollo de un sistema total que mantuviera la calidad y diera los resultados deseados.

Aunque el comerciante al por menor no tiene una inversión de capital significativa, en las operaciones de los proveedores, pero ellos pueden imponer especificaciones estrictas en las fabricaciones con gran éxito.

Aunque de 8-10 días de vida de almacenamiento es suficiente para el comercio Europeo de venta al por menor, la misma operación requerirá un mínimo de 21 días de vida de almacenamiento para los Estados Unidos. (Ref 17)

2.12.- Factibilidades Futuras de la tecnología CA/MA

El reto complejo de la implantación en la tecnología CA/MA descrita anteriormente, no significa que la tecnología no sea factible actualmente dentro de la estructura del comercio. La realidad es que es una tecnología multidisciplinaria con muchos pasos diferentes y factores críticos que hacen de esto una tecnología muy flexible, que permite la combinación exitosa de estos factores. La complejidad de CA/MA (Fig 9) da una propuesta de equipo humano y de trabajo que debe ser adaptada para la implementación exitosa en la tecnología. La clave está en el asociar los expertos en ciencia de alimentos, microbiología, empaque, ingeniería, ventas comerciales, fisiología postcosecha, transportación, logística, procurando que las operaciones tengan que estar involucradas desde el principio.

Tal tecnología incluye el oxígeno controlado, por las permeabilidades de las películas y compuestos orgánicos, así como la absorción de etileno y limpiadores químicos involucrados dentro del empaque, o preservativos en el empaque que pudieran prevenir el crecimiento microbiano en la superficie del alimento; el color que podría indicar el abuso de la temperatura; y el indicador tiempo/temperatura.

Desafortunadamente todas estas tecnologías caen en las de áreas en desarrollo y requerirán esfuerzos significativos y tiempo para la implementación. En la actualidad, una correcta aplicación de los principios de seguridad conocida en alimentos una bien-pensada implementación para el sistema total CAP/MAP puede resultar fácilmente con éxito en los productos CA/MA en el comercio.

Capítulo III

E M P A Q U E

Hoy día es un hecho que en la mercadotecnia de productos de consumo, el empaque es uno de los más importantes elementos que contribuye al éxito del producto; por su capacidad de conservación de los productos que le competen directamente en el anaquel y porque desde el anaquel realiza constantemente la función de ventas.

En cuanto al empaque como protector o conservador del producto, específicamente hablando de alimentos, cumple con una función que sin lugar a dudas resulta vital en un mundo como el nuestro; Ya que debido a los sistemas de cultivo y distribución de los alimentos, estos no podrían llegar al consumidor final si no existiese un empaque adecuado, y gracias a ello, poblaciones remotas y de limitados recursos, pueden gozar de alimentos básicos empacados de tal forma que se conservan por varios días meses sin sufrir alteraciones. La conservación de los alimentos apoyada en sistemas de empaque adecuados, puede extender la vida útil de los alimentos que hoy en día tanto escasean en muchas partes del mundo y América Latina.

En México la industria del empaque es una industria fuerte y bien establecida, que en los últimos años ha venido incrementando su nivel de calidad, aunque es justo reconocer que aún falta camino por recorrer. (Ref 16)

La Industria Alimentaria esta usando una variedad de tecnologías para producir frutas y hortalizas mínimamente procesadas así como otros alimentos. Estas tecnologías incluyen varios procesos térmicos en combinación con empaques herméticos y refrigeración. Así como el empaquetamiento en atmósferas modificadas en combinación con la refrigeración, empaques asépticos. (Ref 21).

Existen también otras tecnologías que tienen el potencial para expandirse en el uso futuro como es la irradiación después del empaquetamiento.

Con frecuencia, estos nuevos métodos de procesamiento requieren un empaque para asegurar la alta calidad y la sanidad de los alimentos.

3.1.- Definición de "Empaque apropiado "

Un empaque apropiado puede ayudar a mantener la vida de almacenamiento y la estabilidad de productos de frutas y hortalizas mínimamente procesadas. "El Empaque apropiado" para frutas y hortalizas listas para usarse puede ser definido como "un sistema el cual protege un producto perecedero de daños físicos causados por manejo, condiciones atmosféricas extremas de temperatura y humedad (Ref 14). Tales empaques son de uso individual en materiales flexibles, películas plásticas principalmente.

Los empaques usados para productos frescos son también empleados en productos los cuales han sido lavados y cortados. Los procesos de respiración continúan en estos productos mínimamente procesados, las consideraciones son similares para ambos productos frescos y productos procesados, pero la velocidad de respiración ha sido alterada por el procesamiento. Se han llevado a cabo más tratamientos mínimos para retardar la senescencia y para reducir la velocidad de respiración. Sin embargo algunos tratamientos como el corte aceleran la respiración y esta a su vez varía con la temperatura.

Para productos que respiran la reducción de la concentración de oxígeno por abajo del 8% y el incremento del dióxido de carbono por arriba del 1% retarda la maduración. La concentración de oxígeno mínima necesaria para evitar daños es aproximadamente 2%. Por abajo de este porcentaje, la respiración anaeróbica ó la extinción de oxígeno ocurre. (Es importante destacar que estos datos no se deben generalizar ya que son dependientes de la fisiología y la madurez de la fruta u hortaliza).

Algunos tratamientos mínimos emplean compuestos químicos como es el caso de sulfitos, los cuales son aplicados por esreado ó inmersión del producto en baños cortos de dichos compuestos químicos. Las interacciones químicas entre el empaque y el producto o productos usados en tratamientos mínimos deben también considerarse.

Algunos materiales de empaque pueden ser atacados por los químicos como es el caso de los tratamientos de antioscurecimiento que incluye el uso de antioxidantes (ácido ascórbico, ácido cítrico).

Aunque el empaque al vacío es usado en algunas instancias, existen productos mínimamente procesados que tienen velocidades de respiración las cuales requieren otras propuestas de empaque. Un sistema total el cuál considera las interacciones de todos los elementos, es aquel que evita anaerobiosis. Recientes desarrollos de empaque han sido en técnicas de atmósferas modificadas y atmósferas controladas.

3.2.- Alternativas hacia un mejor empaquetamiento

En años recientes se ha visto un cambio en el consumidor hacia los productos naturales y una demanda hacia la frescura. Por esta razón la industria alimentaria ha estado buscando nuevos medios de extender la vida de almacenamiento de frutas y hortalizas frescas a través de su preparación y empaque. Tres propuestas están siendo tomadas:

- La primera propuesta es mejorar el empaque y métodos de procesamiento que extiendan la vida de almacenamiento de productos, a través del ciclo distribución/almacenamiento de tal modo que den una buena calidad del producto para el consumidor.

- La segunda propuesta es tener seguimientos del proceso; Desde que el producto es cultivado hasta que es cosechado en las condiciones del clima local.

- La tercera propuesta es para mejorar la calidad del producto. Desde la segunda guerra mundial, genetistas y expertos agricultores han invertido mucho tiempo en el desarrollo de productos, los cuales sean más resistentes a los pesticidas, sequías, daños postcosecha, etc. La variedad más popular de tomate fué creada para ser más fácilmente tomada por un cosechador mecánico.

Una mejor opción consiste en dejar que el producto sea cosechado en un período más tardío de maduración para permitir el incremento en la producción de azúcar (mejorando el sabor). Para esta propuesta, el empaque y además el procesamiento tendrán que resolver el problema de manejo de frutas y hortalizas. Un reto, es que las frutas y hortalizas maduren naturalmente o vayan madurando durante la distribución y

venta. Con esto no solo los consumidores se beneficiarían, también los agricultores conseguirían mayores ingresos .

3.3.- Sistemas de empaquetamiento

Estos sistemas incluyen bolsas, películas plásticas, películas laminadas en papel (Keyes UK Ltd., Cobham, Surrey, England), películas laminadas con espuma (Amoco Foam Products Co., Atlanta, Ga.), envolturas encogibles de cítricos (Cryovac Div. of W.R. Grace & Co., Duncan, S.C).

3.4.- Materiales de empaque

El empaque de productos listos para usarse requiere la optimización de factores: físicos, químicos y ambientales. En la tabla 2 se listan algunos de los criterios que afectan la selección de los materiales y procesos. Las consideraciones en la selección de los materiales de empaque y sistemas están mencionados en la tabla 3.

Tabla 2.- Criterios de Selección de materiales de empaque en productos listos para usarse

Factores físicos	Factores bioquímicos
Empaque	producto
Forma	Especies
Volumen	Variedad
Permeabilidad de gas	Región donde se cultivo
Reactividad química	Volumen o masa
	Estado de maduración
	Actividad Respiratoria
	Tratamiento mínimo
	(mondado, cortado)
Aditivos del sistema	Factores ambientales
Inyección de gas	Requerimientos de
Adsorbentes	transportación
	Protección de pesticidas
Catálisis del sistema	
Tiempo	
Temperatura	
Presión	

Fuente: Packaging Considerations for Minimally Pcessed Fruits and Vegetables (Ref 14).

Tabla 3 - Criterios para la selección de un sistema de empaque

Resistencia (contraerse)
Características de transferencia de calor
No transfiera toxicidad al alimento
Disponibilidad en el mercado
Sellabilidad
facilidad para dar forma o maquinado dentro de la forma final del empaque
facilidad para ser transportado
Barrera a O ₂ , CO ₂
gases de interés
vapor de agua
factores económicos

Fuente: Packaging Considerations for Minimally Pcessed Fruits and Vegetables (Ref 14).

3.5.- Empaques Económicos

Los empaques económicos son muy complejos; El uso de aditivos y procesos sofisticados tales como la coextrusión ha permitido a la industria de las películas dar al supermercado un amplio rango en los valores en las permeabilidades de los gases - pero también un amplio rango en los costos.

El tamaño del espesor para cada material y los métodos de procesamiento usados para determinar los valores de la permeabilidad del gas para cada tipo de película permiten a algunas películas igualar las condiciones deseadas. La mayoría de plásticos fabricados por las compañías están trabajando en dar nuevas propuestas a la variedad de valores barrera para cada gas de interés, en este caso el CO₂.

Estas propuestas incluyen ambos, nuevos tipos de películas y nuevos sistemas de empaque. Hercules, INC., Wilmington, Del., está perfeccionando nuevos sistemas de empaque, llamados FreshHold, los cuales reducen significativamente, el uso de películas con barreras especiales (Anonymous, 1988; Hays, 1988).

Otra compañía ha estado estudiando el uso de las señales de color como parte de las películas de empaque. Estos colores se ponen a punto en el empaque el cual cambiará de tono a predeterminadas concentraciones de gas dentro del empaque.

Otros elementos de fuerza-soporte tales como bandejas, cajas y son frecuentemente usados en el sistema total. Gases particularmente el dióxido de carbono y nitrógeno (en el caso de la creación de atmósferas controladas), son frecuentemente inyectados dentro del empaque para alterar la ecuación de la respiración. (La ecuación específica de la mezcla de gas debe ser determinada por el personal técnico calificado).

Elementos adicionales tales como los aditivos, desinfectantes, y adsorbentes de dióxido de carbono y etileno pueden ser importantes en el sistema total adicionando considerables costos.

3.6.- Métodos de Empaque

El desarrollo de la maquinaria de empaque ha esta progresando rápidamente en años recientes, y el equipo de laboratorio ha mejorado las técnicas de medición permitiendo mayores avances en el estudio entre el empaque y los cambios fisiológicos.

Importantes ejemplos son el desarrollo de monitores de temperatura y los nuevos equipos portátiles, equipo de monitoreo de gas. Tales mejoras han permitido el interés de nuevas propuestas. Algunos métodos nuevos de empaque han sido recientemente introducidos o son ensayos de productos comerciales. Las películas encogibles individuales o empaque piel, Cryovac ha sido el pionero.

Dr. S.S.H. Rizvi y colaboradores en la Universidad Cornell han estado probando este sistema para varias frutas, usando películas con valores de dióxido de carbono y oxígeno seleccionados.

Más sistemas de empaque MA/CA usan películas permeables, y varias técnicas son empleadas para tratar la respiración (Ref 8). En la propuesta tomada por Bedrosain y Schiffmann (1978;1983), el empaque es hecho de películas con diferentes permeabilidades de gas, varios gases

y adsorbentes de humedad son puestos en el empaque para disminuir la presión y de esta forma controlar el sistema. Dicho sistema está siendo usado (Forcini, 1985; Logan, 1988) por Natural Pak Produce, INC., Closter, N.J., para la distribución de "tomAHtoes".

En la propuesta tomada por Myers (1985), películas con alta-barrera, válvulas, y aditivos de empaque son usados.

**Tabla 4 - Ventajas de la película alta-barrera en los procesos
de empaqueo MA/CA**

Inventario:

Solo una película tipo usada para todos los productos

-Tolerancias estrictas en las películas

-espesor,

-distribución de las capas, orientación, ect., no requiere compensación de proceso por cambios en las condiciones del empaque y
- variedad en los materiales

-Impresión o etiquetas impermeable pueden ser usadas o cambiadas sin cambiar la permeabilidad del empaque

Ya hemos hablado con anterioridad de la palabra película, ahora procederemos ha definirla.

3.7.- Películas foils y Laminaciones

Lo más recomendable es definir los términos que encabezan el mismo, ya que tienen significados muy específicos. Cuando se habla de películas generalmente se hace referencia a materiales plásticos presentados en grosores que no excedan a 0.010" (0.254 mm), ya que los grosores mayores se les conoce como "hojas".

Los foils son hojas delgadas de aluminio, que se utilizan solas o en la combinación con otros materiales, con el fin de proporcionarle otras características.

Las laminaciones, son estructuras complejas que se componen de dos o más elementos como películas, papeles, foils, etc...

3.7.1.- Propiedades de las Películas Plásticas

En la tabla 5 y en la fig 10 se pueden observar las propiedades de las diferentes películas plásticas (Ref 16), datos como: proceso de obtención, formas disponibles, donde es importante mencionar que las películas pueden ser orientadas o " cast " (que significa solo extruidas sin ninguna orientación, provocada por el estirado de la película en algún sentido, horizontal o vertical).

Tabla 5.- Propiedades de las diferentes Películas Plásticas

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Empaques

Primera Edición elaborada en Productos de Maíz

PROPIEDADES	Método ASTM	ABS	Acetato de Celulosa	Propionato Celulosa	ED Celulosa	Celofán	Butyl Ionómero
1. Método de Producción	---	Extrusión	Extrusión, compuesto	Extrusión	Compuesto	Extrusión en agua	Extrusión Casi
2. Formas disponibles	---	Rollos y Hojas	Rollos, hojas, cintas	Rollos, hojas, y tubos	Rollos, hojas, y cintas	Rollos, hojas	Rollos, Hojas, Cintas y Tubos
3. Rango de Grosor (in)	---	0.010 - 0.030	0.0008 a 0.030	0.003 a 0.030	0.002 a 0.015	0.0008 a 0.0017	0.0015 a 0.038
4. Ancho máximo (in)	---	105	60	48	42	47 a 52	72
5. Factor de área (in ² /lb/mi)	---	26800	21000 a 22000	23000	23800	11500 a 25000	26400
6. Gravedad específica	D1505	1.04	1.28 a 1.31	1.2	1.15	1.4 a 1.5	0.94
7. Resistencia a la tensión p	D882	5000 a 10000	7000 a 16400	4900 a 5000	8000 a 10000	7000 a 10000	5000
8. Elongación %	D882	10 - 50	15 a 55	60 a 80 (5 mil)	20 a 30	10 a 50	250 a 450
9. Resistencia a la explosión -mil espesor, puntos Mullen	D774	---	30 a 60	50 a 70	50 a 65	30 a 50	---
10. Resistencia al rasgado g	D1922	---	4 a 10 (1-mil)	100 (5 mil)	7 a 38	2 a 20	30 a 125
11. Resistencia al rasgado lb	D1004	---	1 a 2	5 (5 mil)	215 a 395	110 a 515	---
12. Absorción de agua 24 hr	D570	0.6 a 1.0	3 a 8.5	3 a 2.5 (5 mil)	2.5 a 7.5	45 a 115	0.4
13. WVTR Trans. vapor de agua g.-mm / m ² / 24 hr. a:							
23 a C	E98(B)	---	3.8 a 15.7	---	---	---	---
37.8 a C	E98(E)	---	---	100 a 350	1.9 a 5.6	0.16 a 53	0.6 a 0.8
14. Permeabilidad a Gases cm ³ -mil / 100 in ² / 24 hr. atm a 25 a C							
CO ₂	D1434	150 a 200	850 a 1000	---	5000	0.4 a 6.0	600 a 1000
H ₂	D1434	---	835	---	---	1.2 a 2.2	---
N ₂	D1434	5 a 10	30 a 40	---	600	0.5 a 1.6	50 a 100
O ₂	D1434	50 a 70	117 a 150	---	2000	0.5 a 0.8	300 a 400

Tabla 5.- Propiedades de las diferentes Películas Plásticas

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Empaques

Primera Edición elaborada en Productos de Maíz

PROPIEDADES	Método ASTM	Nylon 6		Nylon 11 y 12	Polícarbonato	PET
		Extruido	Biorientado			
1. Método de Producción	—	Extrusión	Extrusión tubular y orientación	Extrusión y Orientación	Extrusión Cast	Extrusión Biaxialmente Orientado
2. Formas disponibles	—	Rollos y tubos	Rollos y tubos	Rollos	Rollos, Hojas y tubos	Rollos, Hojas, cintas y tubos
3. Rango de Grosor (in)	—	0.0006 a 0.006	0.0005 a 0.001	0.0205 a 0.003	0.0005 a 0.03	0.00025 a 0.03
4. Ancho máximo (in)	—	84	86.6	90	28	45
5. Factor de área (in ² /lb/ml)	—	24500	23870	24600	26630 a 27200	23100
6. Gravedad específica	D1505	1.13	1.16	1.12	1.02 a 1.04	1.2
7. Resistencia a la tensión p	D882	9000 a 18000	32600 a 35500	MD 50000	7000 a 12000	8400 a 11000
8. Elongación %	D882	250 a 350	100 a 120	MD. 30	250 a 400	40 a 105
9. Resistencia a la explosión	D774	No explota	—	—	60	No se rompe
1-mil espesor, puntos Mullen						
10. Resistencia al rasgado g	D1922	50 a 80	16 a 28	MD: 60	400 a 500	20 a 25
11. Resistencia al rasgado lb	D1004	1000 a 1210	—	—	1000 a 1100	700 a 1600
12. Absorción de agua 24 hr	D570	9.5	—	—	0.27 a 0.25	0.35
13. WVTR Trans. vapor de agua g.mm / m ² / 24 hr. a:						
23 ° C	E96(B)	—	—	—	—	—
37.8 ° C	E96(E)	6.3 a 8.7	3.9 a 4.3	—	1.6	4.3
14. Permeabilidad a Gases cm ³ -mil / 100 in ² / 24 hr. atm a 25 ° C						
CO ₂	D1434	10 a 12	—	—	153 a 336	1075
H ₂	D1434	80 a 110	—	—	323	1630
N ₂	D1434	0.9	—	—	3.4 a 18	50
O ₂	D1434	2.8	1.2 a 1.4	2	34 a 82	300

Tabla 5.- Propiedades de las diferentes Películas Plásticas

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Empaques
Primera Edición elaborada en Productos de Maíz

PROPIEDADES	NMI055 ASTM	Poliétileno			Poli propileno	
		Baja Densidad	Meda Densidad	Alta Densidad	Extruido	El orientado
1. Método de Producción	—	Extrusión	Extrusión	Extrusión	Extrusión Cast	
2. Formas disponibles	—	Rollos, Hojas cintas y tubos	Rollos, Hojas cintas y tubos	Rollos, Hojas cintas y tubos	Rollos, Hojas cintas	Rollos y cintas
3. Rango de Grosor (in)	—	mayor a 0.0003	mayor a 0.0003	mayor a 0.0004	0.0075 a 0.010	0.00045 a 0.004
4. Ancho máximo (in)	—	480	240	60	69	72 a 120
5. Factor de área (in ² /lb/mil)	—	30000	29500	29000	30900 a 31300	30600
6. Gravedad específica	D1505	0.910 a 0.925	0.928 a 0.940	0.941 a 0.965	0.885 a 0.905	0.902 a 0.907
7. Resistencia a la tensión p	D882	1500 a 4000	2000 a 4000	2400 a 6100	4500 a 10000	7500 a 40000
8. Elongación %	D882	100 a 700	50 a 850	10 a 650	350 a 1000	35 a 475
9. Resistencia a la explosión	D774	10 a 12	—	—	—	—
—mil espesor, puntos Mullen						
10. Resistencia al rasgado g	D1822	50 a 300	50 a 300	15 a 300	MD; 25	3 a 10
11. Resistencia al rasgado lb	D1004	85 a 375	—	—	—	1000 a 1500
12. Absorción de agua 24 hr	D570	menor a 0.01	menor a 0.01	—	menor a 0.005	menor a 0.005
13. WVTR Trans. vapor de agua g-mm / m ² / 24 hr. a:						
23 ° C	E96(B)	—	—	—	—	—
37.8 ° C	E96(E)	0.4 a 0.8	0.3	0.1	0.27	0.1
14. Permeabilidad a Gases cm ³ .ml / 100 in ² / 24 hr. atm a 25 ° C						
CO ₂	D1434	2700	1000 a 2500	580	500 a 800	540
H ₂	D1434	1850	1850	—	1700	—
N ₂	D1434	180	85 a 315	42	40 a 48	20
O ₂	D1434	500	250 a 535	185	150 a 240	160

Tabla 5.- Propiedades de las diferentes Películas Plásticas

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Empaques

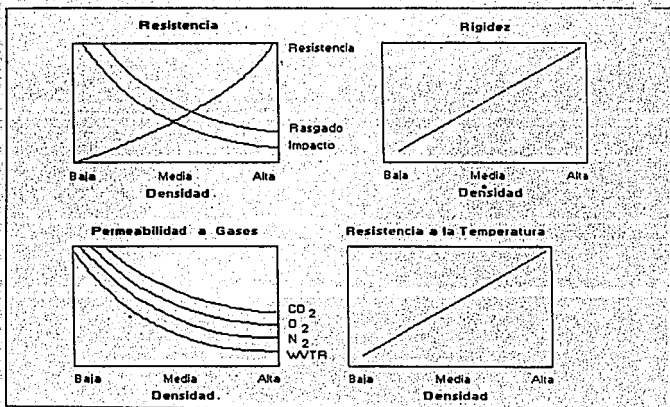
Primera Edición elaborada en Productos de Maíz

PROPIEDADES	Método ASTM	Polestireno	Pokuretano	PVC	PVDC
1. Método de Producción	---	Orientado	Cast Extrusión Calandreado	Extrusión Calandreado	Extrusión
2. Formas disponibles	---	Rollos, Hojas	Rollos, Hojas tubos	Rollos, Hojas cintas	Rollos cintas y tubos
3. Rango de Grosor (in)	---	0.00025 a 0.020	mayor a 0.0005	0.0005 a 0.040	0.0004 a 0.008
4. Ancho máximo (in)	---	78	58	57	68
5. Factor de área (in ² /ft ²)	---	26300	23000	20000 a 23000	16300 a 17250
6. Gravedad específica	D1505	1.05 a 1.08	1.11 a 1.24	1.22	1.59 a 1.71
7. Resistencia a la tensión D	D882	8000 a 12000	5000 a 12000	3000 a 6000	8000 a 16000
8. Elongación %	D882	3 a 40	200 a 700	350 a 400	30 a 80
9. Resistencia a la explosión -ml espesor, puntos Mullen	D774	16 a 35	---	---	25 a 35
10. Resistencia al rasgado g	D1922	5	220 a 710	450 a 750	10 a 89
11. Resistencia al rasgado lb	D1004	270 a 495	350 a 600	150 a 300	menor a 2
12. Absorción de agua 24 hr	D570	0.04 a 0.10	0.55 a 0.77	insignificante	---
13. WVTR Trans. vapor de agua g-mm / m ² / 24 hr. a:					
23 ° C	E96(B)	---	---	---	---
37.8 ° C	E96(E)	2.76 a 3.94	15.7 a 29.5	11.8	0.06 a 0.24
14. Permeabilidad a Gases cm ³ -ml / 100 in ² / 24 hr. atm a 25 ° C					
CO ₂	D1434	900	450 a 1650	20 a 500	3.8 a 44
H ₂	D1434	---	---	---	40 a 93
N ₂	D1434	---	41 a 119	---	0.12 a 1.5
O ₂	D1434	250 a 350	75 a 327	600	0.8 a 6.9

También se muestra en que rango de grosores esta disponible, así como características físicas y mecánicas de la misma, como: gravedad específica, % de elongación, resistencia a la explosión, a la tensión y al rasgado, absorción de agua y la permeabilidad a gases como el oxígeno, nitrógeno, hidrógeno y dióxido de carbono (O₂, N₂, H₂ y CO₂). Esta información resulta de mucho valor cuando se requiere elegir una película dada para un producto específico y para un equipo que necesita manejar características de comportamiento especiales por parte de la misma.

Fig 10.- Propiedades de las diferentes Películas Plásticas en forma gráfica

Fuente: Introducción a la Ingeniería de Empaques
Primera Edición elaborada en Productos de Malz



3.7.2.- Películas encogibles

Algunas películas son procesadas de tal forma que adquieren la característica de adherirse al contenido cuando la película es calentada, dando una buena apariencia al producto, inmovilizándolo y dándole una buena protección en el transporte.

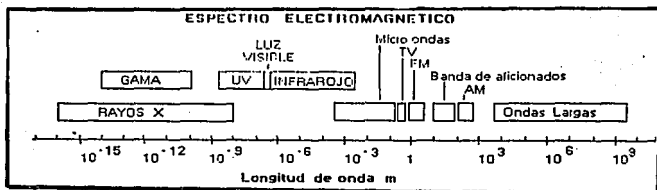
Esta película resulta una alternativa muy rentable cuando se elimina la caja de cartón corrugado (y en su caso las divisiones), substituyéndola por una charola del mismo cartón, sin divisiones y envuelta en plástico encogible, debiendo tener cuidado en:

- a. El calibre de la película utilizada (regularmente 2 o 3 milésimas de pulgada)
- b. El efecto de la luz sobre el producto

3.7.3 Las películas y el efecto de la luz

La luz es un agente que además de degradar el color de los productos expuestos, facilita la descomposición de los mismos, por lo que en un cambio de empaque como este es recomendable someter el producto a pruebas que indiquen su efecto en la vida útil del producto. A este respecto se ha determinado que los productos, incluso el mismo plástico son degradados en forma inversamente proporcional a la longitud de onda que puede captar el producto.

fig 11 .- Espectro Electromagnético



Fuente: Introducción a la Ingeniería de empaques

Primera Edición elaborada en Productos de Maíz

Comprendido en el espectro electromagnético (fig 11), se encuentran diferentes tipos de radiaciones, diferenciadas por su longitud de onda, y encontrando desde los rayos x hasta las ondas largas. Siendo los que más atacan al producto los rayos ultravioleta, de tal forma que algunas películas son fabricadas añadiendo aditivos UV que protegen la película contra estos rayos, evitando de esta forma su degradación, una aplicación para esta película es en invernaderos donde esta última está expuesta continua y directamente a los rayos del sol.

3.7.4.-Películas Estirables

Estas películas pueden reemplazar a las encogibles cuando se trata de envolver productos pesados. Su uso más generalizado es para envolver estibas de producto, aunque también se utiliza para envolver empaques grandes.

Los materiales más utilizados son: El polietileno de baja densidad lineal, PVC, acetato vinil-etileno EVA, (algunas veces un contenido mayor al normal de acetato de vinil 10 a 12%), polipropileno y polibutileno.

3.8.- Plásticos

Plástico.- Es una palabra derivada del griego plastikos, que significa capaz de ser moldeado. Por ello se designan con este nombre las sustancias, generalmente de tipo orgánico, a las que se les puede dar la forma que se desee.

El consumo de plástico en materiales de empaque, tanto envase como embalaje, se ha venido incrementando a nivel mundial, por razones muy sencillas, empezando por el costo, ya que generalmente resulta más económico, que otros materiales tradicionales de empaque.

El desarrollo de diferentes materiales plásticos, con características físicas de resistencia mecánica, apariencia y barrera a gases ha permitido que cada vez un mayor número de productos recurran a su utilización, haciendo énfasis en la industria de alimentos donde propiedades como, resistencia de envasado a altas temperaturas, alta barrera de humedad, barrera a gases como oxígeno, CO₂, no solo han substituido a envases de vidrio y latas, sino que han brindado además más beneficios al consumidor final, como un manejo más seguro del producto en comparación de la fragilidad del vidrio ó la posible degradación o descomposición de los alimentos sin la posibilidad de verificar su vigencia solo hasta abrir el envase, como es el caso de las latas.

Se mencionan los envases de vidrio y las latas, porque hasta hace poco tiempo eran las únicas alternativas para conservar por mayor tiempo los alimentos procesados, incluso sin refrigerar, ahora los envases de vidrio van siendo desplazados por envases plásticos, que unen sus propiedades físicas, para lograr envases con características especiales.

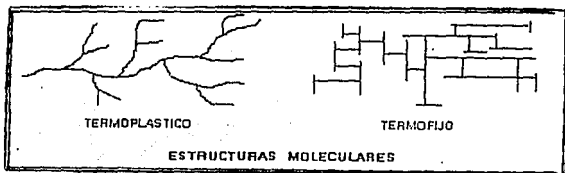
3.8.1. - Plásticos Termoplásticos

Estos plásticos pueden ser reutilizados, fundiendo y moldeando nuevamente, las características del plástico se conservan, sin embargo después de varias reutilizaciones se empiezan a degradar, por lo que el reciclaje de los termoplásticos se efectúa mezclando un pequeño porcentaje de plástico reciclado con plástico "nuevo".

3.8.2.- Plásticos Termofijos

Los plásticos termofijos son aquellos que no cambian de forma ni de estructura con el aumento de la temperatura (mientras no exceda punto de fusión de los plásticos).

Fig 12.- Estructuras Moleculares



Fuente: Introducción a la Ingeniería de empaques
Primera Edición elaborada en Productos de Maíz

3.8.3.- Composición de los plásticos

Los plásticos están formados por moléculas en estructuras cristalinas o amorfas. El ingrediente principal de los plásticos son los polímeros que tienen un elevado peso molecular, ya que son cadenas largas que contienen miles de moléculas.

Los polímeros más comerciales son sintetizados a partir de moléculas más simples llamadas monómeros, como el etileno y estireno. Otros, como los plásticos celulósicos se obtienen de polímeros naturales como la celulosa del algodón.

La densidad de los plásticos viene a determinar muchas de sus propiedades físicas, como son resistencia a la tensión, al rasgado al impacto, permeabilidad de gases, rigidez y resistencia al ablandamiento por efecto de la temperatura.

Actualmente existen en el mercado cerca de 20 tipos de películas de las cuales las más comunes para el empaque de frutas y hortalizas frescas son: celofán, nylon, polietileno, cloruro de polivinilo y polipropileno (Ref 26).

3.8.4.- Formas de los plásticos

Los materiales plásticos con los cuales se fabrican los materiales de empaque se encuentran en las siguientes formas:

- 1.- Pelets - pequeños granos de plástico, listos para ser procesados (moldeados o extruidos)
- 2.- En películas - que si bien en origen son fabricadas a partir de pelets, las películas plásticas se encuentran en el mercado listas para ser utilizadas.

3.8.5.- Características de los plásticos

Como se ha mencionado los plásticos resultan una alternativa de empaque en lugar de los envases tradicionales, sin embargo decir plástico es tan general que puede no decir nada sobre las características de los mismos. A priori se puede aclarar que no existe aún el "Plástico perfecto" que funcione para toda aplicación, porque cuando se diseña un material de empaque, se debe hacer pensando en las

necesidades específicas del producto.

Los diferentes plásticos han sido desarrollados para cubrir necesidades específicas, por lo que existe una gran cantidad de ellos.

En empaques, los plásticos se utilizan básicamente para la manufactura de recipientes, botellas, garrafas, vasos, sobres, bolsas y tapas (Ref 9).

Para el caso de recipientes rígidos, las características que generalmente se buscan son:

- Resistencia mecánica
- Permeabilidad a gases (CO₂, O₂, N₂, Vapor de agua)
- Resistencia a envasado a altas temperaturas
- Que no imparta olores y/o sabores al producto
- Evitar migración del producto através de las paredes del envase
- Permeabilidad de gases
- Que no imparta olores y sabores
- Protección ante la luz y rayos ultravioleta
- Buen sellado
- Resistencia al rasgado, punción

Particularmente en lo que respecta a la permeabilidad a gases de los plásticos, resulta una propiedad de mucha importancia para el empaque de alimentos, ya que como se ha mencionado estos (principalmente el O₂) reduce la vida útil de los alimentos.

Se darán a continuación las características de las películas, más comunes para el empaque de frutas y hortalizas frescas.

3.8.6.- Polietileno

El polietileno es uno de los materiales más importantes en el campo de los empaques. Representa aproximadamente el 45% (Ref9) de todos los plásticos que se producen en el país.

Las películas de polietileno son fácilmente termosoldables, lo que unido a su inercia química, buenas propiedades mecánicas, térmicas y bajo precio, las hace particularmente útiles como material para el envasado de una gran gama de alimentos.

3.8.6.1.- Polietileno de alta densidad (lineal) HDPE

El amplio uso del polietileno de alta densidad es el resultado de la combinación de propiedades, sin embargo es difícil dar valores específicos para cualquier propiedad debido al gran número de grados disponibles. Entre los plásticos el HDPE es el de los más resistentes químicamente. No es afectado por la mayoría de los ácidos, bases o sales. Sin embargo, los agentes oxidantes fuertes y la mayoría de los solventes e hidrocarburos ocasionan agrietamiento o estiramiento. La velocidad de transmisión del vapor de agua en el HDPE es extremadamente baja, pero la mayoría de los aceites esenciales así como el O₂ y CO₂ penetran rápidamente.

Estructura

Generalmente los polietilenos lineales son altamente cristalinos, aproximadamente en un 90% ,conteniendo menos de una cadena lateral por cada 200 átomos de carbono en la cadena principal. El punto de fusión se encuentra por encima de los 127 °C (generalmente a los 135°C).

Propiedades

La mayoría de las diferencias en las propiedades de los polímeros ramificados (polietileno baja densidad) y lineales puede ser atribuido a la alta cristalinidad de los últimos. Los polietilenos lineales son realmente más resistentes que el material ramificado, y tienen un punto de fusión cristalino más elevado y más resistencia al impacto. La resistencia química del polietileno ramificado se conserva o es acrecentada, y propiedades tales como la fragilidad a baja temperatura y baja permeabilidad a los gases y vapores se ven mejorada en el material lineal.

Características

Las características más sobresalientes del HDPE son las siguientes:

a. **Rigidez.** Aunque el HDPE tiene sólo una resistencia a la tensión moderada, exhibe una muy elevada elongación, como resultado de que el polímero tiene excelente resistencia al impacto, aún a temperaturas por debajo de la congelación. Esto es importante en muchas aplicaciones y es esencial en el envasado de productos químicos domésticos e industriales. Los envases hechos de HDPE pueden soportar repetidos impactos durante su vida útil.

La rigidez en el HDPE es directamente dependiente del peso molecular y en general, inversamente dependiente de la densidad.

b. **Propiedades barrera** La velocidad de transmisión del vapor de agua en el HDPE es extremadamente baja. La capa coextruida ayuda al sellado por calor. El polímero es permeable a la mayoría de los gases y algunos vapores. Por lo tanto no puede utilizarse en muchas aplicaciones que requieren una elevada barrera al oxígeno a menos que, se encuentre coextruido con otro material.

c. **Resistencia química**

Debido a su naturaleza química, el HDPE es resistente a la mayoría de los compuestos químicos. Por debajo a los 60°C (Ref 9), no hay solvente conocido para el polímero. También tiene una elevada resistencia a la grasa y a los aceites vegetales.

3.8.6.2.- Polietileno de baja densidad (ramificado)

El LDPE es hoy, el más ampliamente utilizado de todos los plásticos en envases. Las principales razones para este gran consumo son: costo moderado, propiedades que pueden variar de acuerdo a los requerimientos y debido a la facilidad con la que el LDPE puede convertirse en envase eficiente y económico, por todos los métodos de procesos termoplásticos.

Las propiedades inherentes al LDPE son de importancia en uno u otro envase en que se utilice, ya que incluyen resistencia a la humedad, muy baja absorción de humedad y resistencia a una gran cantidad de

productos químicos industriales y domésticos.

Las propiedades físicas del LDPE pueden variar e incrementarse mediante el uso de aditivos para dar lugar a distintos plásticos.

Estructura

El LDPE es parcialmente un sólido cristalino (50 a 60%) que funde aproximadamente a los 115°C , con un intervalo de densidad de 0.915 a 0.925 g/cc. Es soluble en solventes a temperatura por arriba de los 100°C (Ref 9), pero no existe solvente para el LDPE a temperatura ambiente.

Propiedades

Las ramificaciones de cadena corta tienen un efecto predominante en el grado de cristalinidad y por lo tanto en la densidad del polietileno. De hecho, estas propiedades están influenciadas por todas las ramificaciones de la cadena, pero como el número de puntos de ramificación de cadena larga por molécula, es mucho menor al número de puntos de ramificaciones de cadena corta, las primeras se consideran despreciables. Por lo tanto las propiedades dependientes de la cristalinidad, tales como la rigidez, la resistencia al rasgado, la dureza, la resistencia química, la temperatura de reblandecimiento y el límite de deformación, aumenta con densidades crecientes o cantidades decrecientes de ramificaciones de cadena corta del polímero, en tanto que la permeabilidad a los líquidos y gases, la tenacidad y la resistencia a la flexión decrece bajo las mismas condiciones.

En el caso de laminados, casi la mitad del polietileno producido se destina a películas y laminados en los últimos años.

Aplicaciones

Cerca de las tres cuartas partes del LDPE producido en forma de película se destina al envasado, incluyendo bolsas, sacos y envolturas que se utilizan en alimentos congelados y perecederos.

La película del LDPE posee una permeabilidad relativamente alta a gases como el oxígeno y el anhídrido carbónico. Por lo tanto, no puede ser utilizado para el envasado de alimentos oxidables o para envases

al vacío. La película de polietileno es también permeable a muchos aceites esenciales, lo cual significa que, con algunos productos, puede producirse una pérdida gradual de olor y aroma. Debe también destacarse la posibilidad de que el producto almacenado en la proximidad de otros materiales de olor fuerte, capte parte de este olor.

3.8.6.3.- Polipropileno

Con la utilización comercial de la polimerización coordinada, la producción de polipropileno se hizo posible, convirtiéndose en uno de los mejores plásticos del mundo.

Estructura

La cristalinidad del polipropileno isotáctico lo convierte en la única forma con propiedades de interés comercial. El polipropileno isotáctico es esencialmente lineal, altamente cristalino y con un punto de fusión de 165°C.

Esta configuración confiere al propileno propiedades mecánicas excelentes, gran resistencia térmica e inercia química mayor que la de los polietilenos, en particular frente a materias grasas y disolventes orgánicos solubles.

Propiedades

El polipropileno es el mejor plástico ligero, con una densidad de 0.905 g/cc (Ref 9). Su alta cristalinidad le imparte una alta resistencia a la tracción, rigidez y dureza.

Los productos terminados generalmente tienen brillo adecuado y alta resistencia a los desgastes. El alto punto de fusión del polipropileno permite que piezas moldeadas sean esterilizables, ya que el polímero tiene una alta resistencia a la tensión a elevadas temperaturas.

La resistencia al impacto del polipropileno a baja temperatura se ve modificada por el proceso de fabricación y las condiciones de prueba.

El polipropileno tiene excelentes propiedades eléctricas, inercia química y resistencia a la humedad. Sin embargo es menos estable que

el polietileno al calor, luz y ataque oxidativo, por lo que debe estabilizarse con antioxidantes y absorbedores de luz ultravioleta, para asegurar un proceso satisfactorio así como un menor desgaste.

La película de polipropileno orientada no es un material que pueda sellarse con calor como tal, pero por modificación del material y mediante técnicas de recubrimiento, esto puede ser posible.

Los principales tipos de películas de polipropileno disponibles caen dentro de las siguientes categorías:

- (1) Estables al calor no sellables
- (2) Estables al calor sellables con calor
 - (a) Polímeros modificados
 - (b) Recubiertos de uno o de ambos lados

Aplicaciones

El polipropileno no orientado se utiliza en la envoltura de dulces macizos, envasado de ciertos vegetales, tales como lechuga, espinacas frescas, coliflor y hongos y en aplicaciones industriales que aprovechan sus propiedades de estiramiento, sellado, propiedades térmicas y resistencia química.

Las películas de polipropileno orientado estables al calor, ya sean sellables o no sellables con calor, son utilizadas ampliamente como envases. Las películas no sellables por calor son generalmente combinadas con celofán, recubiertas con sarán. Esta película encuentra una amplia aplicación en el caso de bocadillos y refrigerios, por ejemplo las papas fritas.

En general, las películas de polipropileno son flexibles y muy transparentes haciendo que este material haya experimentado, en los últimos años, un espectacular crecimiento.

Encuentra particular aplicación en productos que requieren aislamiento de oxígeno y del vapor de agua.

3.8.6.4.- Celofán

Un material que sin lugar a duda merece una mención especial por su gran utilización es el celofán, que es un polímero natural.

El celofán se empezó a fabricar en 1911 y su nombre proviene de "Cellulose" y "Diaphane" (claridad), que unidas "Cellu-Phane" podrían definirse como una celulosa transparente.

El celofán tiene una excelente claridad y brillantez, fácil de maquinar y resistente, permite impresiones en cualquier tipo de diseños, se encuentra en grosores que van de 0.023 mm (0.009") a 0.038 mm (0.0016"), presenta un aceptable sello térmico en un amplio rango de temperaturas y además puede obtenerse en diferentes grados de permeabilidad al O₂ y al vapor de agua.

La película de celofán pura, originalmente formada, es permeable al vapor de agua y presenta ciertas dificultades al sellado térmico, por lo tanto, se emplean recubrimientos como los de Nitrocelulosa (NC) o los de PVDC, por una o ambas caras, con el fin de disminuir u obviar estas deficiencias.

Como el celofán es una celulosa, reacciona ante la presencia de la humedad, variando dimensionalmente. Lo anterior debe evitarse cuando el celofán va a ser laminado con otro material, ya que al presentarse las variaciones dimensionales la laminación tiende a separarse, efecto que se presenta también en el sellado por calor.

Para evitar el efecto antes citado, el celofán es tratado con glicerina o con glicol, siendo la primera más efectiva, estas sustancias permiten al celofán una buena estabilidad dimensional.

Existe una nomenclatura particular para este material, algunas convenciones son de carácter internacional. En general las películas de celofán se identifican mediante combinación de números y letras, así:

- Un número de tres dígitos al comienzo, indica un grupo de

clasificación relacionado con el calibre de la película y el código del productor.

- Un grupo de dos o más letras indica el tipo específico de la película:

A: Anclada, película que tiene un tratamiento para aumentar la adhesión del recubrimiento.

C: Coloreada

DM: Recubierta por una sola cara

M: Impermeable, mediante un recubrimiento con nitrocelulosa por ambas caras

MSST-A: Recubrimiento con PVDC ambas caras, proceso dispersión acuosa

MXXT-A: Recubrimiento con PVDC ambas caras, proceso solvente organico

P: Sin recubrimiento

S: Sellable al calor

T: Transparente, incolora

V: Vulcanizable

W: Blanca

Un número final de dos dígitos, indica el gramaje de la película, expresado en gramos por metro cuadrado.

Hoy en día la industria del empaque esta bajo la presión de proveer nuevos tipos de empaques, para conocer la variedad de necesidades en la industria de procesamiento dentro de los contrastes existentes de regulación. Como la industria del empaque adapta nuevas tecnologías para inóvar productos. La necesidad de analizar la entrada del producto es imperativa. Aunque debe ser dada para alimentos que serán empacados, y las condiciones bajo las cuales esto será almacenado y usado, incluyendo calentamiento o cocido en el contenedor. La atención debe ser dirigida a considerar a la combinación de los materiales de empaque y los ingredientes en el sabor del alimento tomando en cuenta la migración de los componentes del empaque dentro del alimento. En el diseño del sistema alimento - empaque es importante considerar todas las condiciones para el uso, de

no solo condiciones normales, si no para condiciones fuera de lo normal; por que los consumidores con frecuencia encuentran la manera de burlar las instrucciones del empaque y darse prisa en preparar el producto en el hogar. La seguridad de los productos comerciables hoy en día es un rompecabezas multifacético, con piezas de microbiología, química de alimentos, tecnología de alimentos, química de polímeros y tecnología de empaque para dar juntos un suplemento en la seguridad del alimento y la alta calidad. La integridad del empaque es la clave mayor para mantener la calidad microbiológica del alimento y prevenir la migración de daños potenciales del empaque al alimento. El papel de la Industria y el Gobierno debe existir una conciencia constante de las posibilidades de abuso en la temperatura en la cadena de distribución, diferencias en la formulación del producto, seguridad y fijación en la vida de almacenamiento para industrializar, y entender claramente que los problemas de salud pública existen de algunas categorías de alimentos refrigerados. La Industria es responsable de identificar daños y desarrollar planes para el control de daños. De acuerdo a Bernad (1987), el éxito de esta nueva generación de alimentos refrigerados (productos/atmósfera/controladas/modificadas empacados al vacío) dependerán de la habilidad para comercializarlos con seguridad en la vida de almacenamiento.

Ambos Industria y Gobierno deben conducir además la investigación dentro la seguridad del proceso y técnicas de empaque para continuar la garantía y el saludable aspecto de los alimentos. Ahora, como en el pasado, la necesidad existe para la industria de alimentos de continuar la producción y la prácticas de distribución.

Capítulo IV

USOS DEL FRIO

4.1.- Importancia de la temperatura

La respiración de frutas y hortalizas implica varias reacciones enzimáticas. La velocidad a que estas reacciones transcurren, en el rango fisiológico de temperatura, aumenta exponencialmente al crecer la temperatura; puede describirse matemáticamente haciendo uso del coeficiente de temperatura (Q_{10}).

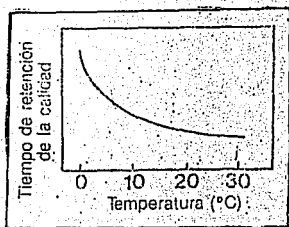
$Q_{10} = (R_1/R_2)^{10(t_2-t_1)}$ = constante, aproximadamente (Ref 20) donde, t_2 y t_1 son dos temperaturas cualesquiera, expresadas en grados Celsius y R_2 y R_1 , las velocidades de la reacción de las temperaturas antes mencionadas. A partir de esta fórmula puede calcularse tanto el Q_{10} como la velocidad a cualquier temperatura. El Q_{10} , sin embargo, no permanece constante en muchos procesos biológicos a lo largo del rango fisiológico; de hecho, el Q_{10} es función de la temperatura, siendo más elevado en el intervalo entre 1 - 10°C, rango en el que se pueden alcanzar valores de hasta 7 mientras que a temperaturas por encima de 10°C decae a valores entre dos y tres.

4.2.- Respuestas Fisiológicas

La actividad de los enzimas de las frutas y hortalizas declina por encima de 30°C, pero los distintos enzimas se inactivan a diferentes temperaturas. Aunque siguen siendo activos por encima de 35°C, pero la mayoría pierden su actividad a 40°C. La exposición continuada de algunas frutas climatericas a temperaturas de unos 30°C provoca la maduración de su porción carnosa sin que la fruta adquiera su color característico, así ocurre con los plátanos de la variedad Cavendish (Valery y Williams) que permanece verdes y el tomate que no acumula licopeno (el pigmento rojo característico). Cuando el producto se mantiene a 35°C (fig 13) el metabolismo se altera, la estructura de la membrana se desintegra y se produce una disrupción de la organización celular y un rápido deterioro. Se suele dar una despigmentación generalizada y los tejidos pueden terminar adquiriendo un aspecto acuoso o traslúcido. El límite inferior para el desarrollo de una

actividad metabólica normal es el punto de congelación de los fluidos tisulares, que generalmente se encuentran en $0^{\circ}\text{y} - 2^{\circ}\text{C}$.

fig 13 .- Efecto de la temperatura sobre la retención de la calidad.

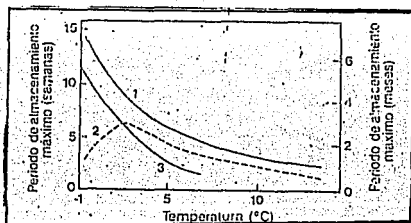


Fuente:Wills .H.H., Lee T.H., Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas.

Toda reducción de la temperatura se traduce en un descenso de la velocidad a que cambia cualquier parámetro, respiración, textura, vitamina C, etc. Sin embargo, los efectos de la reducción de la temperatura sobre los distintos factores fisiológicos no son uniformes. Pequeñas reducciones en el rango superior de temperatura considerado solo consiguen incrementar muy ligeramente la vida útil (el período de tiempo durante el cual el producto puede conservarse en condiciones aceptables). En cambio, reducciones de temperaturas también pequeñas en las proximidades de 0°C consiguen mejorarla de un modo mucho más acusado, (fig 14); incluso el descenso de solo 1°C en esta zona ejerce un efecto significativo. Sin embargo, el enfriamiento por debajo de 10°C ; excepto durante periodos de tiempo muy breves, no benefician en nada a los productos que son sensibles al daño por frío.

La temperatura de refrigeración ofrece la ventaja adicional de disminuir el ritmo del crecimiento microbiano y si son lo suficientemente bajas impiden además la germinación de las esporas fungicas. El enfriamiento de los productos no climatericos frena simplemente su ritmo de deterioro; en los climatericos, en cambio, retrasa además el comienzo de la maduración. El efecto del enfriamiento sobre la maduración sigue un curso exponencial similar al indicado en la (fig 14). Descendiendo la temperatura no sólo se frena la producción de etileno sino también la velocidad de respuesta de los tejidos al citado gas, de manera que cuanto más baja sea la temperatura, la concentración de etileno es menor.

fig 14.- Efecto de la temperatura sobre el período de almacenamiento máximo de peras y manzanas. 1. Manzana Delicious; Cultivares de manzanas susceptibles de sufrir desordenes a bajas temperaturas; Peras Williams (Bartlett).



Fuente: Wills .H.H., Lee T.H., Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas.

4.3.- Período de Almacenamiento

No existe una temperatura ideal para el almacenamiento de todas las frutas y hortalizas, dado que son distintas sus respuestas a las bajas temperaturas. Debe tenerse en cuenta tanto la importancia de factores tales como el crecimiento de los hongos y el daño por frío así como la duración del período de almacenamiento deseado. Cuando se trata de frutas y hortalizas en las que no se produce el llamado daño por frío, la prolongación máxima de la vida útil se logra almacenandolas a temperaturas próximas al punto de congelación de sus fluidos tisulares; en cambio en aquellos productos sensibles al frío, no es recomendable lo anterior.

Las ventajas de reducir la actividad respiratoria y el crecimiento de los hongos deben contraponerse a los posibles pérdidas acarreadas por el posible daño por frío.

El período de almacenamiento de los distintos productos es muy variable pudiendo correlacionarse con el amplio rango de actividades respiratorias que los distintos tejidos ofrecen (tabla 7). En general, se da una relación inversa entre actividad respiratoria y período de almacenamiento, de manera que aquéllos productos que ofrecen una actividad respiratoria mínima son los que pueden almacenarse durante períodos de tiempo más prolongados.

Estas tablas sólo deben utilizarse como guías, puesto que proceden de numerosas fuentes y la temperatura de almacenamiento más adecuada para un determinado producto, en una localidad concreta, debe determinarse através de oportunas pruebas efectuadas con los productos locales dado que las respuestas al almacenamiento se encuentran fuertemente condicionadas por factores climáticos (Ref 24).

Tabla 7a.-Temperatura y Humedad Recomendadas, Vida de Almacenamiento,
 Contenido de agua de algunas Frutas frescas en
 Almacenamiento Comercial

Producto	temperatura °C	Humedad Relativa %	Período aproximado de almacenamiento	Contenido de agua %	Calor Específico Kcal/kg °C
Aceitunas frescas	7.2 - 10.0	85 - 90	4 - 6 semanas	75.2	0.8
Aguacates	4.4 - 12.8	85 - 90	2 - 4 semanas	65.4	0.72
Bayas:					
Arándanos	-0.56 - 0.0	90 - 95	2 semanas	82.3	0.86
Frambuesas	-0.56 - 0.0	90 - 95	-	80.6	0.85
Fresas	0.0	90 - 95	5 - 7 días	89.9	0.92
Grosellas	-0.56 - 0.0	90 - 95	1 - 2 semanas	84.7	0.88
Zarzamora	-0.56 - 0.0	90 - 95	2 - 3 días	83.0	0.86
Cerezas	-1.11 a 0.56	90 - 95	2 - 3 semanas	80.4	0.8
Ciruela	-0.56 - 0.0	90 - 95	2 - 4 semanas	85.7	0.89
Coco	0.0 - 1.67	80 - 85	1 - 2 semanas	46.9	0.58
Chabacanos	-0.56 - 0.0	90	1 - 2 semanas	85.4	0.88
Dátiles	-17.8 o 0.04	75	6 - 12 semanas	20.0	0.36
Duraznos	-0.56 - 0.0	90	2 - 4 semanas	89.1	0.91
Granadas	0.0	90	-	83.0	0.86
Guayabas	7.20 - 10.0	90	2 - 3 semanas	83.0	0.86
Higos frescos	-0.56 - 0.0	85 - 90	7 - 10 días	78.0	0.82
Lichis	1.67	90 - 95	3 - 5 semanas	81.9	0.86
Limas	8.89 - 10.0	85 - 90	6 - 8 semanas	86.0	0.89
Limonos	7.5	85 - 90	1 - 2 semanas	89.3	0.91
Mangos	12.8	85 - 90	2 - 3 semanas	81.4	0.85
Manzanas	-1.11 - 4.4	90	3 - 8 meses	84.1	0.87
Melones:					
Cantaloup (3/4 desprendido)	2.22 - 4.4	85 - 90	15 días	92.0	0.94
Cantaloup (desprendido tot.)	0.0	1.67 85 - 90	5 - 14 días	92.0	0.94
Membrillo	-0.56 - 0.0	90	2 - 3 meses	85.3	0.88
Naranja	0.0	85 - 90	8 - 12 semanas	87.2	0.90
Nectarinas	-0.56 - 0.0	90	2 - 4 semanas	81.2	0.90
Papayas	7.2	85 - 90	1 - 3 semanas	90.8	0.93
Peras	-1.67 - 0.56	90 - 95	2 - 7 meses	82.7	0.86
Piñas	7.2 - 10.0	85 - 90	2 - 4 semanas	85.3	0.88
Plátanos	13.3 - 21.8	90 - 95	1 - 2 semanas	74.8	0.80
Sandía	4.4 - 10.0	80 - 85	2 - 3 semanas	92.6	0.94
Tangerinas, naranjas	0.0 - 3.3	85 - 90	2 - 4 semanas	87.3	0.90
Temple					
Toronja	10.0	85 - 90	-	38.9	0.91
Uva vinífera	-1.11 a -0.56	90 - 95	3 - 6 meses	81.6	0.85

Tabla 7b.-Temperatura y Humedad Recomendadas, Vida de Almacenamiento,
 Contenido de agua de algunas Hortalizas Frescas en
 Almacenamiento Comercial

Producto	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Periodo Aproximado de Almacenamiento	Contenido de Agua %	Calor Especifico Kcal/Kg °C
Ajo seco	0.00	65-70	6-7 meses	61.3	0.69
Aicachofa de globo	0.00 ¹	65-70	1 mes	83.7	0.87
Apio	0.0	90-95	2-3 meses	93.7	0.95
Berenjenas	7.2 - 10.0	90	1 semana	92.7	0.94
Berros	0.0 - 1.65	90-95	3-4 días	93.3	0.95
Betabel con Foliaje	0.0	95	10-14 días	---	---
Betabel sin Foliaje	-0.0	95	3-5 meses	87.6	0.90
Brócoli	-0.0	90-95	10-14 días	89.9	0.92
Calabacita	0.0 - 10.0	90	5-14 días	94.0	0.95
Calabaza	10.0 - 12.8	70-75	2-3 meses	90.5	0.92
Camotes	12.7 - 15.6	85-90	4-6 meses	88.5	0.75
Cebolla seca	0.0	65-70	1-8 meses	87.5	0.90
Cebolla verde	0.0	90-95	-----	89.4	0.91
Cebollinos	0.0	65-70	1-8 meses	87.5	0.90
Col de Bruselas	0.0	90-95	3-5 semanas	84.9	0.88
Col china	0.0	90-95	1-2 meses	95.0	0.90
Col	0.0	90-95	3-6 semanas	92.4	0.94
Coliflor	0.0	90-95	2-4 semanas	91.7	0.93
Colirribano	0.0	90-95	2-4 semanas	90.3	0.92
Chicharos	0.0	90-95	1-3 semanas	74.3	0.79
Ejotes	4.4 - 7.2	90-95	7-10 días	88.9	0.91
Espárragos	0.0 - 1.2	95	2-3 semanas	93.0	0.94
Espinaca	0.0	90-95	10-14 días	92.7	0.94
Habas	0.0 - 4.4	90	1-2 semanas	66.5	0.73
Hongos cultivados	0.0	90	3-4 días	91.1	0.93
Jengibre	12.7	65	6 meses	87.0	0.90
Lechuga	0.0	95	2-3 semanas	94.8	0.96
Nuez dulce	0.0	90-95	4-8 días	73.9	0.79
Nahos	0.0	90-95	4-5 meses	91.5	0.93
Nepinos	7.2 - 10.0	90-95	10-14 días	96.1	0.97
Perejil	0.0	90-95	1-2 meses	85.1	0.88
Pimiento	7.2 - 10.0	90-95	2-5 semanas	92.4	0.94
Puerro	0.0	90-95	1-3 meses	85.4	0.88
Rubano	-1.1 - 0.0	90-95	10-12 meses	74.6	0.80
Ruibarbo	0.0	95	2-3 semanas	94.9	0.96
Jitomate maduro firme	7.2 - 10.0	85-90	4-7 días	94.1	0.95
Jitomate verde maduro	12.8 - 21.1	85-90	1-3 semanas	93.0	0.94
Zanahoria madura	0.0	90-95	4-5 meses	88.2	0.91
Zanahoria inmadura	0.0	90-95	4-6 meses	88.2	0.91

La conservación en frío es virtualmente indispensable para los Productos listos para usarse (Varoquaux, 1987). Desde 1985 el código de buenas prácticas profesionales (Scandella et al., 1988), recomienda mantener a una temperatura de 8°C a todo lo largo de la fabricación y la distribución. Esta temperatura fué disminuída de 4°C a 2°C, a pricipio de año de 1988 (Scandella et al, 1990).

A continuación se presentan algunas recomendaciones dadas por la Concurrence, consommation, repression de fraudes, 1988. République Francaise Bulletin Officiel (Ref 18), en cuanto a condiciones específicas de temperaturas para construcciones e instalaciones frigoríficas.

4.4.- Construcciones e Instalaciones

Los edificios y las instalaciones deben ser construídos de manera tal que hallá espacio suficiente de trabajo para permitir el buen desarrollo de todas las operaciones, es decir deben ser construídos de manera que se facilite la higiene de las operaciones permitiendo principalmente una progresión continua desde la llegada de la materia prima hasta la obtención del producto terminado.

Los locales en los cuales se efectúan las operaciones que puedan dar lugar a una contaminación cruzada por lo tanto deben encontrarse ya sea seperados por barreras ó ubicados en lugares diferentes, ó por algún otro medio eficaz.

La altura de piso a techo de los locales deben ser de al menos 2.50 m, los locales deben estar equipados de manera tal que la temperatura interior sea compatible con la adecuada conservación de los productos estudiados en la presente tesis. Sin importar cual pueda ser la temperatura exterior.

Es recomendable que los locales donde se efectuó el manipuleo de los productos esten equipados para asegurar una temperatura inferior o igual a 12°C. La organización del trabajo deberá ser tal que la estancia de los productos sea limitada al tiempo estrictamente necesario para esta operación.

Así mismo dentro de los locales de fabricación y de empaque deberá mantenerse una temperatura comprendida entre los 4°C y 6°C. (Es importante destacar que los productos que sean sensibles al daño por frío, no son recomendables estas temperaturas).

4.4.1.- Instalaciones Frigoríficas

Todos los establecimientos deben disponer de cámaras de refrigeración, destinadas al depósito de las materias primas, productos semiterminados y productos terminados, permitiendo así el mantenimiento de la temperatura en el centro de los productos entre 0°C y 4°C (Ref 18).

4.5.- Disposiciones concernientes al Producto Terminado

Desde el envasado de los productos, hasta la compra de los consumidores el respeto de la cadena distribución es indispensable en el mantenimiento de su calidad higiénica y organoléptica.

Debe asegurarse que la temperatura sea inferior ó igual a 4°C durante el almacenamiento, el transporte y la puesta en venta de los productos.

4.5.1.- Transporte y Almacenamiento del Producto Terminado

El producto terminado debe ser transportado y almacenado en condiciones tales que se impida su contaminación principalmente por microorganismos o subproliferación, que se proteja contra todo deterioro ó contra estragos causados a los embalajes. El producto terminado en el almacén debe ser objeto de inspecciones periódicas de manera que se asegure que solamente los alimentos propios al consumo humano serán entregados para la venta y que las especificaciones a los productos terminados son respetadas.

4.5.2.- Distribución del Producto Final

Para la venta al público los productos deben estar expuestos dentro de muebles refrigerados que permitan asegurar en el centro de los mismos la temperatura requerida. Hasta el momento de la compra por el consumidor el producto debe conservarse en su empaque original; en el caso del consumo mayorista el empaque original debe conservarse hasta el día en que el producto sea consumido.(Ref 18)

Capítulo V

M I C R O B I O L O G I A

El desarrollo microbiano se ve favorecido en las frutas y hortalizas por las temperaturas y las humedades relativas elevadas. El etileno es favorecido, por las condiciones anteriormente planteadas esto a su vez dispara las velocidades de respiración por los vegetales acelerando , la maduración organoléptica y el envejecimiento (Ref 24).

5.1.- Crecimiento microbiano

El deterioro del tejido vegetal por microorganismos depende de diversos factores, lo cual es relacionado a la habilidad invasiva del microorganismo para establecerse en el producto y crecer. Disminuir la temperatura es el método principal para retrasar la podredumbre microbiana. Por otra parte es importante la composición del tejido (azúcares, almidones, pectinas, acidez etc...);(Ref 12) ya que esto influirá la clase de microorganismo que se desarrolle. Por ejemplo las manzanas enmohecerán (Capellini et al., 1987), mientras que la lechuga tendrá una bacteria que le causará la suavidad por podredumbre (Ceponis et al., 1985).

Las enzimas elaboradas por los microorganismos pueden causar ruptura en el tejido. Las principales enzimas involucradas son las celulasas y las pectinasas.

En lo concerniente al crecimiento microbiano en frutas y hortalizas listas para usarse da frecuentemente en el producto terminado.

En algunos casos es deseable como es el caso de la producción de ácido láctico en hortalizas fermentadas tales como los encurtidos; en otros casos, las toxinas de las bacterias y hongos deben ser evitadas. (Ref 5). Las bacterias producen gomas (*Bacillus* spp., *Leuconostoc*) o pigmentos coloreados (*Serratia*, *Xanthomonas*) que son indeseables en los alimentos.

5.2.- Métodos de detección para microorganismos

El deterioro microbiano puede ser detectado por diversos métodos:

El método tradicional es por el uso de las técnicas de cuenta standar, Hongos, Levaduras, *E. coli* y salmonella (Speck, 1984; King et al., 1986). Los análisis químicos para alimentos en productos terminados de metabolismo microbiológico puede también detectar la actividad microbiológica; ejemplos la producción de alcohol por levaduras; y ácido láctico en la fermentación de hortalizas. La presencia en el rompimiento del producto es evidencia de una degradación enzimática. El crecimiento visible es un indicador de actividad microbiológica, especialmente con mohos ó bacterias que producen un obvio crecimiento en el producto tales como los pigmentos coloreados.

El incremento de ácido láctico indica el abuso de la temperatura en ensaladas de hortalizas (Manvell y Ackland, 1986). A temperaturas bajas, la flora bacteriana es principalmente Gram-negativa conforme la temperatura se incrementa la flora cambia a Gram-positiva como bacterias ácido lácticas.

Las ensaladas de hortalizas contienen otras bacterias que no son necesariamente destructivas al tejido de la planta, tal como *Enterobacter* spp., bacteria ácido láctica, y la *Pseudomona fluorescent* spp. (Ref 22).

Las bacterias significativamente más importantes para la salud pública han sido involucradas en las hortalizas, ya que estas son irrigadas con aguas contaminadas.

Un gran número de estudios han mostrado que los microorganismos pueden ser aislados de casi todas las hortalizas preparadas. Aunque el nivel de contaminación decrece después de 3-7 días, existiendo la excepción para lechuga irrigada con aguas cloacales, donde la *Escherichia coli* todavía existirá después de 21 días (Nichols et al., 1971).

También se encontrarón los siguientes microorganismos: *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., y *Shigella* spp. fuerón aislados de hortalizas ralladas y ensaladas (Saddik et al., 1985). La *Yersinia* spp. y *E. coli* fuerón aisladas de mezclas de ensaladas que fuerón irrigadas

con agua cloacales (Brocklehurst et al., 1987).

Se debe asegurar la garantía de los productos listos para usarse especialmente aquellos con un pH básico, se debe incluir una segunda barrera antimicrobiana (acidez, preservativos, atmósfera) además de disminuir la temperatura. (Ref 26)

5.3.- Microorganismos involucrados en los Productos listos para usarse

En las mezclas de ensaladas de Productos listos para usarse, el crecimiento de bacterias lácticas es casi nula a 2°C; ya que este es más rápido que la microflora aerobia mesofila a 6°C y 10°C (Nguyen The y Carlin, 1988). Manvell y Ackland (1986) efectuaron observaciones similares en las mezclas de ensaladas, el crecimiento de bacterias lácticas es menor a temperaturas cercanas a 6°C. Teniendo crecimientos mayores a temperaturas iguales y superiores a 15°C.

En cuanto a la microflora patógena (*E. coli*, *Clostridium botulinum*) no subsiste a la cadena del frío; ya que microorganismos psicófilos (otras bacterias no patógenas), tales como la *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hidrofila* y la *Listeria monocitogenes*, son relativamente resistentes al frío y a las bajas temperaturas.

Por lo previamente mencionado los microorganismos como es el caso de *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hidrofila* y *Listeria monocitogenes* presentan un riesgo potencial dentro de los Productos listos para usarse (Ref 17).

A continuación se presentan características de los microorganismos anteriormente citados:

5.4.- *Yersinia Enterocolitica*

El origen de las cepas virulentas al parecer es la suciedad. La bacteria puede ser transmitida por los abonos (defecaciones) orgánicas.

La *Yersinia enterocolitica* conserva un crecimiento rápido a una temperatura inferior a 5°C, y son de igual manera favorecidas en estas condiciones en relación a la microflora normal de alimentos (Bottone 1981). La mayor parte de los trabajos sobre las investigaciones de *Yersinia enterocolitica* en conservación han sido realizadas en los productos cárnicos. El resultado de estos trabajos muestran que su reproducción es retardada (más no inhibida) por el embalaje al vacío o bajo 100% de gas carbónico (Gill et al., 1989), el efecto de estos dos factores es reforzado si la temperatura es inferior a 5°C. El pH óptimo de crecimiento está comprendido entre 7 y 8, pero la *Yersinia enterocolitica* puede desarrollarse en los pHs bajos (Brocklehurst, 1992). Una acidificación compatible con el mantenimiento de la calidad de las legumbres de Productos listos para usarse reducirá sin duda poco la multiplicación de la bacteria (Ref: 5).

5.5.- *Aeromonas Hydrophila*

La *Aeromonas hidrófila* aparece implicada en numerosos casos de enfermedades intestinales (Archer y Kvenberg, 1988). Sin embargo no existe aún alguna prueba de su poder patógeno sobre el hombre, que lo ha ingerido en los alimentos (Morgan y Wood, 1988), a pesar de la capacidad de ciertas cepas a adherirse a la membrana intestinal y a la producción de dos enterotoxinas.

Aún cuando no se ha declarado como agente de intoxicación alimentaria, la *Aeromonas hidrófila* debe ser considerada como sospechosa. La bacteria se desarrolla adecuadamente en frío, también en presencia de una abundante flora antagonista y está presente en una gran gama de alimentos (Palumbo y Muchanan, 1988). Por ejemplo una

investigación reportó que el 38% de las muestras de legumbres tiene 10^2 colonias de *Aeromona hidrófila* /g y 95% de las mismas portan de 10^2 a 10^6 /g después de 15 días de preservarse a 5°C (Callister y Agger, 1987). Las *Aeromonas hidrófila* son frecuentemente disminuidas con agua tratada con cloro. Sin embargo no se ha encontrado experimentalmente resistencia particular de esta bacteria al hipoclorito (Palumbo y Buchanan, 1988).

Las bacterias ubicuas y bien adaptadas para desarrollarse sobre las legumbres conservadas en refrigeración, *Aeromona hidrófila*, pueden representar un problema higiénico para las legumbres de Productos listos para usarse. (Ref 5)

5.6.- *Listeria monocitogenes*

La *Listeria monocitogenes* representa sin duda el riesgo más importante para las legumbres de Productos listos para usarse. Se detectaron algunos casos de infección en Canadá, durante 1981, donde las ensaladas "listo para usarse", preparada con coles que ya presentaban contaminación, fueron el vehículo para estas bacterias.

La *Listeria monocitogenes* es considerada como un germen del medio (W.H.O., 1988) presentes en las heces fecales de los animales, el agua y los afluentes de alcantarillas. La utilización de abono orgánico participa sin duda a la contaminación de los cultivos leguminosos (W.H.O., 1988). La *Listeria monocitogenes* es aislada con menor frecuencia y sobre todo a niveles de contaminación más leves, que en los productos vegetales, lácteos y las carnes. Así, Hersick et al (1989) aislaron la bacteria de numerosas legumbres al nivel del mercado al menudeo (lechuga, col, pepino y sobre todo raíces y papa).

Sin embargo, Farber et al, (1989), Penetran et al,(1988) no han encontrado productos vegetales contaminados, caso inverso a los productos lácteos y cárnicos que se han analizado de manera general.

Algunos estudios realizados actualmente muestran que la *Listeria monocitogenes* puede desarrollarse sobre las legumbres enteras o cortadas, refrigeradas (Beuchat et al., 1989). Sin embargo se pueden inactivar, con concentraciones del 10% O₂ y más del 10% de CO₂. Según Buchanan et al. (1989), la ausencia de oxígeno no reduce la rapidez de crecimiento en medio favorable, pero puede sensibilizarse a la bacteria con diferentes agentes antibacterianos. En un estudio realizado con lechuga picada, lavada con agua clorada y bajo una atmósfera modificada no se encontraron cambios significativos en el número de colonias presentes de la *Listeria monocitogenes* durante los primeros 8 días de su incubación a 5°C, sin embargo se observó un incremento entre los 8 y 15 días, concluyendo que la *Listeria monocitogenes* es capaz de crecer en lechuga sujeta a procesos de empaque y distribución en la industria alimentaria (Beuchat y Brackett, 1990).

La acidez es un factor importante en el desarrollo de la *Listeria monocitogenes*. In vitro la bacteria no se desarrolla por abajo de los pH 4.4 - 4.6 a 10°C y pH 5.0 - 5.2 a 4°C, en un medio acidificado con ácido clorhídrico (George et al., 1988). La presencia de aniones orgánicos (citrato, lactato, acetato) elevan el valor del pH mínimo de crecimiento.

La *Listeria monocitogenes* no presenta ninguna resistencia particular a los desinfectantes, y una higiene rigurosa durante la fabricación permite reducir sensiblemente la contaminación de los alimentos. Debido a que aun son pocos los trabajos realizados en relación a la multiplicación de los microorganismos patógenos para el hombre en los Productos listos para usarse, la prevención se basa entonces en una higiene rigurosa durante su fabricación, ya que la mayoría de estos microorganismos, mencionados anteriormente, son transportados por los animales domésticos y sin duda por los abonos orgánicos. (Ref 5)

5.7.- Control del crecimiento microbiano

El deterioro de frutas y hortalizas puede ser controlado por diversos métodos; como es el caso de Barreras al crecimiento microbiano y temperaturas de refrigeración usadas para producir y comercializar frutas y hortalizas mínimamente procesadas. Reducir la temperatura efectivamente disminuye la velocidad de reproducción o el tiempo de generación de microorganismos (Ref 12). Los microorganismos psicrófilos tiene una mayor velocidad de crecimiento a más bajas temperaturas que los microorganismos mesófilos. Así, ellos son más importante en los alimentos refrigerados.

La sanitización del producto y todas las superficies de contacto, tales como el equipo de proceso y el material de empaque, reducirían también el crecimiento de población microbiana. La reducción del pH es un efectivo camino para controlar la velocidad de crecimiento si el producto permitiera un cambio en el pH. Ciertos ácidos como el ácido acético, ácido láctico, ácido ascórbico y el ácido benzoico son antimicrobianos y controlarían el crecimiento y la selectividad del microorganismo. Un nuevo concepto es el uso de organismos antagonistas que controlan el crecimiento de microorganismos indeseables. *Lactobacillus* spp. están reportados para el control del crecimiento de diversas bacterias (Abdel-Bar y Harris, 1984; Gilliland y Speck, 1975; Price y Lee, 1970; Visser et al., 1986).

5.8.- Métodos Adicionales de control

Las frutas y hortalizas listas para usarse deben tener un color, olor y textura "fresca", las técnicas que ofrecen para el incremento en la vida de anaquel en frutas y hortalizas listas para usarse están reducidas a la temperatura de almacenamiento, al empaquetamiento de atmósferas controladas, y a baños cortos en soluciones divalentes como es el caso del CaCl₂ (Ref 17). Los principales mecanismos de pudrición son el metabolismo del tejido y el crecimiento microbiano. Ambos causarán la deterioración del tejido y, estos deben ser controlados para mantener la viabilidad del tejido. El daño mecánico de las

células durante el procesamiento es una gran limitación en la vida de anaquel de los productos mínimamente procesados. El reto en la investigación es desarrollar métodos adicionales para retrasar o prevenir las adversidades bioquímicas, microbiológicas y de acción mecánica. Mientras tanto, una combinación de tratamientos ofrece el mejor potencial para extender la vida de almacenamiento de frutas y hortalizas listas para usarse.

Capítulo VI

B I O Q U I M I C A

Algunos aspectos del transporte y almacenamiento en las atmósferas controladas (CA) y atmósferas modificadas (MA) han sido revisadas durante años anteriores, incluyendo la respuesta de las frutas y hortalizas a MA y CA (Lipton, 1975; Smock, 1979; Isenberg, 1979; Brecht, 1980; Kader, 1980; Dewey, 1983).

Burton (1974; 1978) discutió algunos de los aspectos biofísicos, bioquímicos, y fisiológicos de las atmósferas modificadas en relación a la calidad en las frutas y hortalizas. Louheed et al. (1978) y Jamison (1980) resumieron los efectos del almacenamiento hipobárico (baja presión) en cultivos hortícolas. Dewey (1983) y Bartsch y Blanpied (1984) revisaron los requerimientos en las condiciones de la estructura y operación de CA.

La mayoría de las investigaciones han sido dirigidas hacia la determinación de las condiciones óptimas de MA y CA en un gran número de frutas, hortalizas y cultivos específicos de cada producto (Dewey et al., 1969; Dewey, 1977; Richardson y Meheriuk, 1982). Pero menos del 10% de estos reportes han coincidido con el modo de acción de las concentraciones reducidas de O₂ y las concentraciones elevadas de CO₂, en las bases bioquímicas y fisiológicas de los efectos de MA en frutas y hortalizas.

Generalmente, el efecto de la reducción en la concentración del O₂ y/o la elevación en la concentración del CO₂ es la reducción de la velocidad de respiración, concluyendo que es la primera razón de los efectos beneficios de CA y MA en frutas y hortalizas. (Ref 13)

Los cambios metabólicos (cambios bioquímicos asociados con el metabolismo de respiración, biosíntesis y acción del etileno, y cambios de composición), crecimiento y desarrollo (cambios anatómicos y morfológicos), daños físicos, pérdida de humedad; desordenes fisiológicos; y rupturas patológicas (Ref 11) Se discuten en este capítulo, tomando en consideración los efectos directos e indirectos de CA y MA en el deterioro de los productos.

Disminuir el nivel de O₂ alrededor de frutas y hortalizas reduce su velocidad de respiración en proporción a la concentración de O₂, a un límite mínimo de 1-3% O₂ dependiendo del producto; es importante evitar el cambio de respiración aeróbica a respiración anaeróbica. Bajo tales condiciones, el ácido pirúvico no es oxidado, pero es descarboxilado a la forma de acetaldehído, formando CO₂ y etanol; resultando el desarrollo de malos sabores y la ruptura del tejido.

6.1.- Efectos Metabólicos

* **Difusión.**— Los efectos de la tecnología MA y CA en la respiración son dependientes de la fruta u hortaliza y la concentración del gradiente que se desarrolla entre los centros de acción metabólica y el exterior del material (Burton, 1978). El rango de los niveles de oxígeno desde 3 a 21% demostraron que tenían influencia en el Ciclo de Krebs.

El monóxido de carbono (1%) también tuvo influencia en la velocidad de respiración de la lechuga durante los 10 días de los periodos de conservación a 2.5°C. Los efectos en la reducción de O₂ (2%) en combinación con el incremento del CO₂ (1%) dieron como resultado la disminución en la velocidad de respiración aproximadamente al 50% (Ref 1).

Inserberg (1979) sugirió que los efectos de CA en los procesos respiratorios fueron más dependientes de la anatomía y morfología de la planta que de su sistema bioquímico. Fué demostrado que el componente CO₂ es mucho más soluble que el O₂. De acuerdo a Inserberg, el CO₂ se difundirá con más rapidez a través del tejido en la planta, quizás 100 veces más rápido que el O₂.

6.1.1. **Acidos.**- Productos almacenados bajo concentraciones elevadas de CO₂ pueden ser sujetos a rupturas fisiológicas. Estudios han conducido a determinar los efectos del incremento de CO₂ durante el almacenamiento en el metabolismo de la planta (Hulme, 1956; Ranson, 1953; Williams y Patterson, 1964; Frenkel y Patterson, 1977; Brecht, 1973).

Trabajos preliminares por Ranson (1953), con raíces de zanahorias; almacenadas en concentraciones elevadas de CO₂ (20-90%) mostraron que el metabolismo del ácido tricarbóxico (TCA) cambio su estructura en estas hortalizas (Ref 4). En ese estudio, el succinato se incremento, el malato y la alanina disminuyeron en los tejidos de la planta expuestos al incremento de CO₂. Hulme (1956) demostró que las manzanas almacenadas en aire tienen trazas de succinato, pero cuando ellos son almacenados bajo concentraciones elevadas de CO₂ (20%) el succinato es acumulado. Concluyéndose que el CO₂ inhibe el sistema oxidasa succinato de la mitocondria y que la acumulación resultante de succinato es tóxica al tejido. Similares conclusiones fueron dadas por Ranson et al. (1957;1960) cuando reportaron que el sistema succinato oxidasa en la mitocondria aislada del endospermo de haba castor fué inhibido por los niveles de CO₂ mayores que el 10%. Arreglos comparables fueron notados en otras frutas tales como los albaricoques y duraznos (Wankier et al., 1970), uvas (Flanzy et al., 1967), peras (Williams y Patterson, 1964) y cerezas dulces (Singh et al., 1970). En contraste, McGlasson y Willis (1972) notaron que no había acumulación de succinato en plátanos verdes almacenadas bajo 5% CO₂ por una corta duración. La duración de exposición al CO₂ para frutas estudiadas, excepto platanos, fueron relativamente grandes (1-2 meses).

Los tratamientos con CO dieron como resultado un incremento en las cantidades de succinato comparado a los tratamientos sin adicionar CO. El reducir el O₂ (2%) dió como resultado menores cantidades de malato, fumarato y mayores cantidades de citrato, comparado a los controles de aire en todos los cultivos probados en lechuga crisphead.

El efecto de la baja concentración de O₂ tuvo variación con el cultivo. Diferencias en los niveles de ácidos orgánicos no volátiles han también demostrado que existe en varios cultivos de lechuga

crisphead, y que dependen de la duración de exposición, temperatura, y/o la porción de lechuga muestreada.

6.1.2. Acetaldehído.- Diferentes trabajos han mostrado que el acetaldehído se acumula en manzana y mango cuando las frutas son almacenadas bajo concentraciones elevadas de CO₂ (Thomas 1925; 1929; 1931; Lakshminarayana y Subramanyam, 1970). Se ha demostrado también que el acetaldehído es tóxico para el tejido de manzana e induce rompimiento y eventual oscurecimiento del tejido (Clijsters, 1965; Fidler, 1968; Neal y Hulme, 1958; Smagula et al., 1968). Aplicaciones externas de la lechuga crisphead han también demostrado una relación en el rompimiento del tejido. Sin embargo solo trazas de acetaldehído endógeno han sido reportadas en el tejido de lechuga después de 10 días de periodo de conservación a 0°C bajo aire, ó aire más 5% de CO₂. Estudios similares hechos por Morris y Kader, (1977) demostraron que cuando el tejido de la lechuga es conservado a 0°C bajo 2% de O₂ más 10% de CO₂ se observa lo mismo.

Estos resultados sugirieron que el acetaldehído endógeno no es un agente tóxico producido por el almacenamiento de lechuga bajo concentraciones elevadas de CO₂.

6.1.3. Clorofila.- Las concentraciones elevadas de CO₂ han demostrado reducción en la pérdida de clorofila (Ref 10) en habas (Groeschel, 1964) en albaricque y duraznos (Wankler et al., 1970). La concentración de O₂ reducido (2.5%) en la presencia de la concentración de CO₂ elevado (2.5%) ha demostrado ser un límite de pérdida de clorofila en lechuga crisphead (Sing et al., 1972).

6.1.4. Pectinas.- Se ha demostrado que los cambios de pectina; a pectina hidrolizada son retardados por las condiciones de CA (Smock, 1979). Los reportes han mostrado que la CA reduce la velocidad del ablandamiento, reportados por Knee, 1973; Salunkhe y Wu, 1974.

6.2.- Biosíntesis del etileno y acción

Reducir los niveles de O₂ por abajo del 8% disminuye la producción de etileno de frutas y hortalizas frescas (depende de la fruta y hortaliza, estado de madurez así como también su sensibilidad al etileno). Burg y Burg (1967; 1969) demostraron que el O₂ es requerido en la producción y acción del etileno. A 2.5% de O₂, la producción de etileno y la maduración de frutas es retardada. A 3% O₂, la producción de etileno es reducido a aproximadamente 50% (Ref 11) comparado a la conservación en aire (Burg y Burg, 1967).

Bajo condiciones anaeróbicas, la conversión de 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) a etileno es inhibido; en el tejido. (Yang, 1985), Lau et al, (1984) encontraron que el almacenamiento de manzanas "Golden Delicious" en 2.5% de O₂ evitó la concentración de etileno interno y la acumulación de ACC. El aumentar la concentración de ACC tuvo una relación estrecha al subsecuente ablandamiento de la pulpa, e incrementó la concentración interna de etileno, estos procesos fueron evitados en el almacenamiento CA en frutas. Las concentraciones elevadas de CO₂ pueden reducir, promover, ó no tener un efecto en las velocidades de producción de etileno para frutas; depende del producto y de las concentraciones de CO₂. Esto aparece solo cuando la concentración de CO₂ es alta, lo suficiente para causar daños fisiológicos a el tejido. No es conocido, si esta relacionado la alta concentración de CO₂ con el desorden fisiológico causado por el etileno. Chaves Tomas (1984) observó una reducción en la producción de etileno para manzanas "Granny Smith" cuando se expusieron a 20% CO₂ por 2hr. Tratamientos con CO₂ previenen ó retrasan varias respuesta de las frutas y hortalizas frescas al etileno. Estas respuestas, las cuales pueden ser perjudiciales a la calidad, incluyen ablandamiento acelerado, incremento en la abscisión, la inducción por desordenes fisiológicos (Kader, 1985). La presencia de 10% de CO₂ suprime la actividad biológica de 1 ppm de etileno (Burg y Burg, 1967), pero la efectividad de elevar las concentraciones de CO₂ es reducido, a mayores concentraciones de etileno. En ciertos frutos, el CO₂ se acumula en el espacio intracelular y funciona como un antagonista natural de etileno (Yang, 1985). El modo de acción del CO₂ en la inhibición o la reducción de los efectos del etileno no es

conocido, pero Burg y Burg (1967) sugirieron que el CO₂ compite con el etileno para enlazar el sitio de la enzima. Aunque reducir las concentraciones de O₂ y/o aumentar las concentraciones de CO₂, disminuye las velocidades en la producción de etileno y produce menos susceptibilidad a las frutas y hortalizas frescas a su acción, se pueden presentar concentraciones perjudiciales de etileno bajo las condiciones CA, especialmente para frutas que normalmente produce altos niveles de etileno, tales como manzana, pera, aguacate, chirimoya, y kiwifrutí en su periodo de madurez (Ref 23).

6.3.- Cambios de Composición

La mayoría de los cambios en la composición pueden ocurrir en la cosecha de frutas y hortalizas influenciando su color, textura, sabor y valor nutritivo. Mientras estos cambios son deseables, otros son perjudiciales para la calidad del producto. Las condiciones MA y CA pueden tener efectos en la velocidad de estos cambios de composición, como es ilustrado por los siguientes ejemplos.

6.3.1. Color.- Pérdida de clorofila (color verde) y la biosíntesis de carotenoides (color amarillo y anaranjado) y antocianinas (colores rojo y azul) (Ref 10) son disminuidos en frutas y hortalizas conservadas en MA y CA (Wankier et al., 1970; Wang et al., 1971; Isenberg, 1979; Smock, 1979). Knee (1980) reportó que la velocidad en la degradación del color se redujo en un 50% usando como límites máximos de O₂ 2.5-4%. Goodanough y Thomas (1980) encontraron que el almacenamiento de jitomates en 2.5-4% O₂ + 4% CO₂ por más de 2 meses a 12.5°C reduce la pérdida de clorofila.

Las concentraciones elevadas de CO₂ pueden dar como resultado efectos perjudiciales en color de algunos productos durante el almacenamiento en CA y MA. Ejemplos; incluyen desarrollo desigual del color rojo en jitomates recolectados en el estado de madurez-verde y conservadas en más de 5% de CO₂. La decoloración externa o interna del tejido puede ocurrir como un resultado de aumentar los niveles de CO₂ y/o reducir los niveles de O₂ más allá de la tolerancia del producto. Nassar (1966) y Yahia et al. (1983) encontraron que elevar las

concentraciones de CO₂ (5 - 15%) incrementa el oscurecimiento en uvas. Por otro lado, Buescher y Henderson (1977) encontraron que del 10-30% CO₂ retrasa el oscurecimiento causado por daños mecánicos en el tejido en habas verdes, vía su disminución en el contenido de compuestos fenólicos, la actividad fenolasa, y la oxidación de compuestos fenólicos. El efecto de elevar las concentraciones de CO₂ en la inhibición de producción de compuestos fenólicos y la actividad de polifenol oxidasa fué también observada en el tejido de lechuga (Siriphanich y Kader, 1985).

6.3.2. Textura.- Las condiciones CA y MA retrasan la maduración de frutas y el ablandamiento. Knee (1980) encontró que las velocidades del ablandamiento en frutas como es el caso de manzanas fué como máximo el 50% a 2.5-4.0% O₂. Goodenough et al. (1982) reportaron que la aparición de pectinasas fué prevenida por el almacenamiento de jitomates en la madurez verde en 5% O₂ + 5% CO₂ por más de 8 semanas a 12.5°C. La velocidad de ablandamiento en kiwi durante el almacenamiento a 0°C por más de 24 semanas (Ref 11) fué significativamente reducido en frutas expuestas a 2% O₂ + 5% CO₂ comparadas a la conservación en aire (Arpaia et al., 1985). Elevar las concentraciones de CO₂ tuvo un mayor efecto en la retención de la firmeza que la reducción en las concentraciones de O₂. En fresas concentraciones de CO₂ en las atmósferas disminuye la velocidad de ablandamiento en fresas.

Almacenar brocoli en 10% de CO₂ por más de 2 semanas a 5°C lo hace más blando comparado al brocoli conservado en aire. La reducción del oxígeno tiene un efecto pequeño en el ablandamiento de la pulpa en espárragos y brocoli (Lipton, 1975). El mecanismo de los efectos de CA y MA en la textura de frutas y hortalizas frescas no es totalmente entendido y amerita más investigación.

6.3.3. Sabor.- Los cambios en carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas, aminoácidos, lípidos, y compuestos fenólicos tienen influencia en sabor de las frutas y hortalizas frescas. La conversión de almidón-azúcar (Ref 10) en papas, conservadas a 2°C puede ser

disminuido en el almacenamiento de 5-20% de CO₂ y concentraciones menores al 3% de O₂, pero estos tratamientos pueden incrementar los brotes (Burton, 1974). Sherman y Erwing (1983) encontraron que el almacenamiento de papas en 2.5% O₂ a 1°C previno el incremento en la reducción de azúcares y mejoró el color, comparado a las papas almacenadas en aire. Elevar las concentraciones de CO₂ puede también reducir la velocidad de conversión de azúcar-almidón, la cuál es indeseable en peras y maíz Goodenough y Thomas (1981) encontraron que en las condiciones de CA disminuyeron las pérdidas en azúcares y ácidos orgánicos en jitomates durante el almacenamiento a 12.5°C por más de 2 meses. Goodenough (1982) observó un incremento en glucosa, fructosa, y ácido cítrico y una disminución en almidón y ácido málico en jitomates conservados en 5% O₂ + 5% CO₂.

El almacenamiento en condiciones CA redujo pérdidas en la acidez de frutas frescas; a 2.5% CO₂ en las atmósferas, se mantiene una mayor acidez en manzanas "Golden Delicious" durante un período de 8 meses (Lau y Looney, 1982). Brect et al. (1982) reportaron que el 2% de O₂ + 5% CO₂, extienden la vida de almacenamiento en duraznos clingstone de 1-3 semanas más allá de almacenamiento en aire, manteniendo la firmeza y acidez. Li y Hansen (1904) encontrarán que las peras conservadas en 2% O₂ + 2% CO₂ de -1°C a 0°C, mantuvieron su capacidad para la síntesis de proteína mejor que los almacenados en aire. Las condiciones CA previenen la formación de etileno con el sabor resultante amargo, en zanahorias (Burton, 1974; Kader, 1985). Exponer los nísperos a 50-70% CO₂ por 24hr a 20-25°C da como resultado la astringencia, sin el ablandamiento del tejido (Matsou e Ito, 1977). Almacenar en condiciones CA, especialmente en tiempos largos puede disminuir la velocidad de producción de compuestos volátiles, para manzanas, peras y otras frutas.

Las frutas recolectadas en el período de preclimaterio y almacenadas en 1-2% O₂ por tiempos largos, pueden perder su capacidad de producir la concentración de compuestos volátiles requeridos para alcanzar un buen aroma. Los malos sabores pueden desarrollarse en frutas u hortalizas frescas si están expuestas a niveles de O₂ y CO₂ que resultan en la respiración anaeróbica, y la formación de etanol y acetaldehído. Aunque el etanol y el acetaldehído acumulado pueden ser eliminados del tejido en la planta, por aeración.

6.3.4. Valor nutritivo. Generalmente, almacenar en CA y MA proporciona una mejor retención de ácido ascórbico en frutas y hortalizas frescas que almacenarlas en aire. Las pérdidas de ácido ascórbico en espinacas conservadas en 4% O₂ + 9% CO₂ fueron reducidas a aproximadamente 50% con respecto a las pérdidas de espinaca almacenadas en aire (Mc Gill et al., 1966). Wang (1983) reportó que el 1% de O₂ fué muy efectivo en la retención del contenido de ácido ascórbico en col china, retrasando las pérdidas en los contenidos de azúcares y clorofila extendiendo la vida de almacen a 0°C por 5 meses, comparado a menos de 3 meses en aire. (Ref 13)

6.4.- Desordenes Fisiológicos

Las frutas y hortalizas frescas están sujetas a numerosos desordenes fisiológicos los cuales son el resultado de la exposición a temperaturas no recomendadas, ó niveles no recomendados de etileno, CO₂, y O₂.

Las condiciones MA y CA pueden mejorar, inducir, ó agravar estos desordenes fisiológicos, como es ilustrado por los siguientes ejemplos:

6.4.1. Disminución de los desordenes fisiológicos por la tecnología MA y CA.- Elevar las concentraciones de CO₂ (5-20%) ha demostrado reducir la severidad de síntomas de daños por frío en diferentes productos, incluyendo chile, aguacate, durazno y nectarinos 'Fuyu'. Mencarelli et al. (1983) reportaron que 1,2 ó 4% de CO₂ mejoraron los daños por frío en calabazas conservadas a 2.5°C (Ref 11). Las condiciones CA redujeron la severidad de ciertos desordenes fisiológicos tales como el escaldado en manzanas y peras (Smock, 1979). Los niveles elevados de CO₂ y/o reducidos de O₂ pueden significativamente disminuir los desordenes fisiológicos inducidos por el etileno, tales como el manchado de color canela en lechuga. (1985).

6.4.2. Desordenes agravados por las condiciones MA y CA .- Concentraciones elevadas de CO₂ en combinación con el etileno inducen a coloraciones blancas del núcleo en kiwifruiti (Arpaia et al., 1985). Exponer algunos de los productos que son sensibles al frío, tales como

el pepino, jitomate verde, a condiciones CA y temperaturas de enfriamiento, agrava los síntomas de daño por frío.

6.4.3.- Desordenes inducidos por MA y CA.- Exponer las frutas y hortalizas frescas, a niveles de O₂ por abajo de su tolerancia, ó niveles de CO₂ por arriba de sus límites de tolerancia da como resultado varios desordenes fisiológicos, incluyendo una madurez no homogénea de frutos no climatéricos tales como jitomate, melones, y ciruelos; el oscurecimiento interno de la lechuga, ajo, col, manzana, pera, durazno, y otros productos; el oscurecimiento externo de la piel en jitomate y lechuga; y la superficie picada de pepinos, por la presencia de hongos en manzana, y pera. Sin embargo los mecanismo por los cuales el O₂ es reducido y/o CO₂ es elevado que inducen estos desordenes fisiológicos no son conocidos.

Las concentraciones elevadas de CO₂ inhiben la actividad de la succinato deshidrogenasa, resultando la acumulación de ácido succínico, que es tóxico en el tejido de las frutas y hortalizas (Hulme, 1956; Williams y Patterson, 1964; Frenkel y Patterson, 1973). La producción de compuestos fenólicos y la actividad de polifenol oxidasa fueron reducidos en la presencia de CO₂ en lechuga. Subsecuentemente el tejido de lechuga a 15% de CO₂ a 0°C por 6 días disminuye el pH a aproximadamente 0.4 y 0.1 unidad, en el citoplasma y vacuola respectivamente. Sin embargo, una de las lechugas fué quitada de el aire, un incremento en el pH fué notado (Siriphanic y Kader, 1986). Los autores también encontraron que las lechugas conservadas en aire tuvieron un mayor contenido de glucosa-6-fosfato que las lechugas tratadas con CO₂. Exponer la lechuga a luz a 0°C redujo los daños por CO₂ aproximadamente a un 50% comparado al tejido conservado en la oscuridad. Pero esto debe ser más investigado.

Varios tipos de daños fisiológicos, como los deterioros en la superficie, se deben al mallugamiento, causado por el impacto y la vibración del producto-producto entre si, y paredes; contribuyendo así a la deterioración del producto. Estos daños no solo son indeseables, si no que también aceleran la pérdida de humedad, favoreciendo la infección por hongos. Las condiciones de CA no tienen un efecto

directo en la incidencia de daños físicos, pero pueden interferir con los procesos de cicatrización de las heridas en papas. Ambos O_2 reducido (menos de el 5%) y CO_2 elevado (especialmente arriba de 10%) han demostrado prevenir la formación de peridermo en tubérculos de papa (Wigginton, 1974; Lipton, 1975).

Ciertas condiciones MA y CA inhiben o al menos reducen el oscurecimiento de los tejidos dañados fisiológicamente como un resultado de sus efecto en el metabolismo fenólico. El monóxido de carbono en concentraciones de 2-3% ha también demostrado la inhibición del oscurecimiento en el corte de las superficies en lechuga y otros productos (Kader, 1983). La condiciones MA y CA pueden reducir desorden fisiológico-físico con el incremento inducido en las velocidades de producción de CO_2 y etileno.

6.5.- Pérdida de humedad

La pérdida de humedad puede ser una de las principales causas de deterioró, esto no solo provoca las pérdidas cuantitativas directas (perdidas de peso vendible). Si no que también causa pérdidas en la apariencia (debidas al marchitamiento y arrugamiento), textura (suavidad, flacidez, pérdida de jugosidad) repercutiendo en la calidad nutricional. La tecnología CA no tiene una influencia directa en la velocidad de la pérdida de humedad, pero sus posibles efectos en la reducción de la formación de peridermo en productos como papas, los hace más susceptibles a la perdida de agua. Por otro lado, la necesidad de un ambiente de gas con condiciones controladas por el almacenamiento CA verificando las humedades relativas alrededor del producto reduce pérdida de humedad comparado al almacenamiento en aire.

Investigaciones necesarias en el mecanismo

Es claro de esta revisión que las condiciones MA y CA pueden influenciar directa o indirectamente todas las causas de deterioración postcosecha en frutas y hortalizas frescas y consecuentemente su calidad y vida postcosecha. Aunque varias investigaciones han sido hechas para encontrar los niveles óptimos de O_2 y CO_2 para cada

producto, el modo de acción de las concentraciones de O₂ reducido ó las concentraciones de CO₂ elevadas no son completamente conocidos. Es esperado que mayores esfuerzos de investigación serán dirigidos en el futuro a mejorar nuestro entendimiento en como reducir las concentraciones de O₂ ó elevar las concentraciones de CO₂ que tiene influencia en el metabolismo respiratorio, biosíntesis y acción de etileno, cambios en la composición, en relación a los atributos de calidad en frutas y hortalizas frescas.

La tecnología MA y CA tiene efecto directo en los microorganismos patógenos y reduce problemas de deterioración postcosecha. Las concentraciones de O₂ y CO₂ requeridas para inhibir el crecimiento y/ó, la germinación de esporas varia con la especie del hongo, pero generalmente, los niveles de O₂ por abajo de 1% y/ó los niveles de CO₂ por arriba del 10% son necesarios para suprimir significativamente el crecimiento de hongos (El-Goorani y Sommer, 1981).

Sin embargo no todas las frutas y hortalizas frescas tolerarán tales concentraciones de O₂ y CO₂ sin daños fisiológicos.

El monóxido de carbon (CO) a 5-10% es un gas fungistático el cuál suprime el crecimiento de hongos; Su relativa eficacia depende del microorganismo patógeno; y esta eficacia aumenta cuando es combinado con concentraciones menores de 5% O₂ (El-Goorani y Sommer, 1981; Kader 1983). Yahia et al. 1983 encontró que una combinación del 2% + 10% CO fué tan efectiva como el tratamiento usado de SO₂ en el control de uvas conservadas a 0°C por más de 4 meses y que causa menores oscurecimientos que el SO₂. El mecanismo de acción del CO en la supresión del crecimiento de hongos no es conocido. Podría estar afectando la fisiología de los hongos, o del huésped o ambos. Peiser et al. (1982) encontró que el CO es metabolizado en el tejido de lechuga a primeramente CO₂, el cuál es el precursor de productos de ácido-estable con malato siendo el producto predominante.

C O N C L U S I O N E S

El propósito de esta revisión es dar de forma generalizada los temas (Atmósferas Controladas y Modificadas, Empaque, Usos de frío, Microbiología y Bioquímica) relacionados con los Productos listos para usarse; contribuyendo así también con los parámetros críticos de los temas anteriormente citados.

Las frutas y hortalizas listas para usarse son preparados para ser consumidos y distribuidos en estado fresco, el proceso es corto, y los procedimientos de preservación son los tradicionales.

Otros términos usados para referir a los Productos hortícolas listos para usarse son: procesados frescos, procesados ligeramente, parcialmente procesados, cortado fresco y precortados.

Procesar mínimamente incluirá lavar, cortar, rebanar pelar ect. Las frutas y hortalizas listas para usarse ahora están siendo comercializadas, como es el caso de la lechuga y la col en rebanadas, las papas, mondadas y rebanadas, zanahoria pelada, la cebolla en forma de cubos, manzana, melón, sandía están siendo precortadas.

La demanda de los Productos "listo para usarse" se está incrementando más y más en los Estados Unidos, por la preferencia de el consumidor hacia los productos es en estado fresco. Algunos analistas industriales han estimado que los Productos listos para usarse serán rentables de 4 a 8 billones de dólares para el año 2000.

El comportamiento de las cadenas de autoservicio se está inclinándose hacia el crecimiento de los Productos listos para usarse. La necesidad ahora es crear estándares de calidad.

Los restaurantes, las mismas cadenas de autoservicio y otras instituciones están reconociendo el valor de los productos precortados. Otras ventajas incluyen mejor aislamiento contra productos o mercancías en estado de descomposición, adecuadas condiciones de transportación y espacio (almacenamiento).

Como empacar, maniobrar, distribuir y mejorar los métodos de expender el producto, sería lo más atractivo para el productor, proveedor y consumidor en productos precortados.

Respuestas Fisiológicas

Los cambios degradativos que ocurren durante la senescencia son inducidos por la acción física o heridas durante un proceso mínimo. Las operaciones de preparación tales como pelar, rebanar, ect. deben ser hechas con cuidado para evitar el magullamiento y otros daños celulares. Las manifestaciones de ruptura en las células (perder la integridad del tejido) incluye incrementar la velocidad de respiración y la velocidad de producción de etileno, el oscurecimiento enzimático, la pérdida de textura, desarrollo de malos olores, pérdida de la calidad nutricional (pérdida de vitamina), incremento de la susceptibilidad a la invasión microbiológica, y senescencia acelerada.

El oscurecimiento enzimático es causado por la liberación de componente fenólicos del rompimiento de la vacuolas en la superficie cortada de frutas y hortalizas y por la acción principalmente de la polifenol oxidasa de estos compuestos fenólicos en la presencia de oxígeno para formar polímeros oscuros. Los tratamientos de antioscurecimiento incluyen el uso de antioxidantes (ácido ascórbico, ácido cítrico, y otros agentes reductores), CaCl_2 , ZnCl_2 , disminuir la concentración de oxígeno alrededor del tejido de 1-2%. Otros tipos de decoloración en el tejido de la planta como es consecuencia de los tratamientos mínimos incluyendo el blanqueo, debido al pelado causada por la oxidación, deshidratación (Bolin y Huxsoll 1991, Kerbel 1992), y el amarillamiento de col, lechuga brocoli, espinaca empacada (aparentemente debido al rompimiento de la clorofila).

La pérdida de la textura puede también resultar cuando la pared y la membrana celular son degradadas por las enzimas poligalacturonasa, galactosidasa, al ponerse en contacto con sus sustratos. El calcio puede ser usado para mantener la estructura e integridad celular (Ref 15).

El sabor es uno de los más difíciles factores de calidad para mantener un producto de fruta y hortaliza listos para usarse.

La pérdida de sabor puede ser una consecuencia de la pérdida de compuestos volátiles, o por compuestos que producen malos olores. Las condiciones anaeróbicas pueden ser creadas dentro de los empaques de

los Productos listos para usarse ;esta implicada la acumulación de etanol y acetaldeído.

Consideraciones microbiológicas

Una amplia variedad de microorganismos puede crecer en las frutas y hortalizas listas para usarse. Las frutas y hortalizas intactas tienen una efectiva barrera a la contaminación microbiana, la cual es la piel. Una vez que esta piel es quitada y el tejido además es cortado la nueva superficie es vulnerable, ya que el fluido celular se encuentra libre; esto lo hace más susceptible al ataque microbiano. Además el incrementar el manejo de productos da mayores oportunidades de contaminación.

Los microorganismos que están involucrados son inócuos para los humanos. Los microorganismos que son peligrosos para los humanos (patógenos que causan intoxicación o enfermedades infecciosas) normalmente no pueden establecerse en la densidad de la población porque ellos tienen que competir con los microorganismos. Sin embargo, empacar el producto cambia el microambiente (la humedad relativa alta, el bajo oxígeno) puede dar las condiciones apropiadas para el crecimiento del microorganismo.

Las frutas tienen valores de pH de 4.6 y menores (Ref 12), el crecimiento de bacterias no se vería favorecido en las frutas precortadas, pero los hongos y levaduras pueden crecer rápidamente. Las bacterias ácido lácticas pueden crecer en superficies de frutas bajo algunas condiciones.

Varias de las bacterias aisladas de estas vegetales son pectinolíticas (Erwinia y Pseudomona) y causarían daño en el tejido. La composición de el tejido influenciaría la clase de microorganismo que crecerían. El consumo de los Productos listos para usarse conservados después de la preparación ha preocupado a los microbiólogos por la aparición de enfermedades en el último par de años, causado por bacterias que pueden crecer a 5°C. Estos microorganismos son Clostridium botulinum, Yersinia enterocolitica, Listeria monocytogenes, y E.coli (Ref 5). Otros grupos de microorganismos crecerían a temperaturas mayores que 5°C y podrían causar daños a la salud debiendo el producto ser refrigerado a temperaturas menores de 5°C.

La calidad microbiológica de el producto es precisa, más importante, para la industria de Productos listos para usarse.

Los procesadores de estos productos reconocen que ellos dependen de mantener un apropiado control de temperatura baja, de frutas y hortalizas de buena calidad, del empleo de un programa de análisis de puntos críticos de control (HACCP) y del uso de las buenas practicas de manufactura USDA'S, las mejores alternativas para productos procesados, que aseguren la seguridad microbiológica de sus productos.

La sanitización de todo el equipo y estructuras, así como el uso de agua clorada para lavar los productos, así como el preenfriamiento de los mismos; son estandares de alternativas. La FDA permite el uso de hipoclorito de sodio el cual en la presencia de agua se disocia a ácido hipocloritico también referido como "cloro libre" ó "cloro disponible", el cual es el ingrediente activo que mata las bacterias y su efectividad es dependiente del pH bajo.

De 50 a 200 ppm de "cloro libre" es sugerido en muchos casos. Sin embargo algunos procesadores sienten que niveles por arriba de estos pueden causar decoloraciones adversas y producir malos olores en los Productos listos para usarse, se mencionan problemas de corrosión con el equipo. Algunos procesadores estan empezando a explorar el uso potencial del dióxido de cloro, ozono y peróxido de hidrogeno para el control microbiológico en aire, agua, y en el empaque.

Preparación

Los Productos listos para usarse son por definición muy percederos en algunos casos más percederos, que el material sin procesar del cual estan hechos; además el procesamiento mínimo incrementa la perecibilidad que los sistemas de procesamiento tradicionales en el cual la preservación es incrementada por las operaciones de proceso como es el caso de la creación de un microambiente; por citar un ejemplo. Consecuentemente, através de las operaciones mínimas de proceso, los productos deben ser manejados en caminos que sean similares a los sistemas de manejo de producto en fresco; preferiblemente que a los productos procesados completamente.

La preparación para procesamiento empieza en el campo. El material crudo debe ser cosechado y transportado al procesamiento tan pronto como sea posible, sin algún retraso (especialmente en días calurosos). El tiempo que debe transcurrir entre recibir el material crudo a la etapa de procesamiento debe ser mínimo.

Es mejor si el material crudo es lavado y enfriado con el propósito de quitar el calor de campo tan pronto como sea posible. Los productos deben ser procesados y enfriados (hidroenfriamiento) tan rápido como sea posible. Interrumpir el procesamiento y almacenar el producto en corte o rebanadas antes de su procesado, reduciría la calidad y la vida de almacenamiento, especialmente bajo temperaturas mayores que 3.3°C (38°F) (Ref 5).

El daño que ocurre a la célula por el corte reduciría también la calidad de la vida de almacenamiento. Por ejemplo la estabilidad de la lechuga en rebanadas es afectado por su corte.

Bolin et al. (1977) mostrarán que rebanar preferiblemente que picar, usando navaja afilada que un cuchillo sin filo; daría como resultado en el alargamiento de la vida de almacenamiento dos veces.

Es importante, en muchos productos que después de lavar e hidroenfriar, la humedad debe ser completamente removida.

La centrifugación, las pantallas vibratorias y las ventoleras de aire, pueden ser usadas. En el caso de la lechuga y la col; se ha demostrado que la humedad es removida levemente (leve desecación). La presencia de humedad libre en los productos empacados favorecerían el crecimiento microbiano. Si el producto cortado va a estar directamente en contacto con el hielo (algunos procesadores usan baños de agua helada para enfriar su producto procesado) es importante que el hielo este hecho con agua limpia además de clorada.

Los Productos listos para usarse estan hechos para emplearse inmediatamente (en muchos casos el lavado no debe ser necesario), es importante que el procesamiento, cumpla con las regulaciones de la FDA.

Calidad

Aunque la calidad de los Productos listos para usarse es mejorada por la clasificación y la selección de el empaque; el potencial para maximizar la calidad de estos productos es llevada acabo por la calidad inicial de el material crudo, de los cuales estan hechos. Mientras que la apariencia, textura, y sabor son importantes para los Productos listos para usarse. Su relativa importancia variará entre los productos. Por ejemplo para ensaladas hojosas; la textura y apariencia sería más importante y determinante que la calidad en el sabor. Para frutas frescas en pre-rebanadas, la cual es usada en la reindustrialización de alimentos, el sabor y la textura puede ser más importante que la apariencia. La calidad microbiologica y nutricional son también importantes.

La vida de almacenamiento de un producto es medido desde el procesamiento hasta, la degradación en la calidad en niveles no aceptables. Para los Productos listos para usarse el mínimo de tiempo deseado en la vida de almacenamiento de 7 a 14 días. Algunos requieren por lo menos 21 días. Para algunos productos los tratamientos recomendables para alargar la vida de almacenamiento (es el uso de aditivos quimicos, tratamientos moderados de calor, modificación de pH, atmósfera modificada), esto debe ser combinado con un adecuado control de temperatura y manejo para mantener la calidad durante la distribución y comercialización.

Control de la temperatura

La temperatura es el más importante factor para mantenerla calidad y extender la vida de almacenamiento de los Productos listos para usarse. Otra tecnología no puede extender la vida de almacenamiento ó a el control de la temperatura. Particularmente en los Productos listos para usarse, el abuso de la temperatura puede desarrollar la podredumbre del producto por los microorganismos, permite así también el desarrollo de patógenos.

La velocidad de deterioración en la calidad es directamente relacionada a la velocidad de respiración, la reducción en la velocidad de respiración a niveles menores es altamente deseable para prolongar la vida de almacenamiento de las frutas y hortalizas

minimamente procesadas. Generalmente por cada 10°C que se decrece en la temperatura; las velocidades de respiración pueden ser reducidas de 2 a 4 veces.

Las temperaturas deben ser mantenidas en niveles menores recomendados, desde la cosecha hasta el producto terminado. El control cuidadoso de la temperatura (de 0°- 4°C) (Ref 5) debe ser mantenida durante la operación de entrada al proceso, el empaçado, la conservación del producto, el transporte, y la distribución de la venta al por menor. La industria ha demostrado severas pérdidas de calidad de los productos refrigerados al nivel de venta al por menor y el abuso de la temperatura y rotación sobre del producto. Es observado que los niveles de las temperaturas del producto cuando se vende al por menor se disparan de 2.8 - 4.7°C siendo esto muy comun.

Hoy en día se puede garantizar el control de la temperatura dentro del empaque, lográndose advertir al consumidor el uso contra los productos putrefactos. Los sistemas integrados indicación tiempo - temperatura (TTI) dentro de la película. Un sistema TTI esta basado en las cinéticas, estas deterioraciones gobiernan el producto en fresco lográndose un acercamiento en la calidad del producto (Taokis & Labuza 1989). Exponer las temperaturas detectadas más allá del tiempo límite crítico podría causar un cambio colorimétrico dentro de la película.

Empaquetamiento de Atmósferas Modificadas

Las técnicas de empaquetamiento y la selección de materiales de empaque, es un papel crítico para asegurar la adecuada calidad, la seguridad microbiológica y la vida de almacenamiento de Productos listos para usarse.

Las consideraciones en la selección de los materiales de empaque y sistemas incluyen: la resistencia de la película, contenido inerte, características de transferencia de calor, sellabilidad, manufacturabilidad, permeabilidad a los gases y al vapor de agua. facilidad en la impresión y que tan económico sea.

Más de los Productos listos para usarse estan empaçados en bolsas plásticas fabricadas con diferentes polímeros. Cuando estos productos son empaçados en películas semipermeables es creada una atmósfera modificada (MAP). Históricamente la industria utilizó películas con

espesores delgados con densidad menor, y por lo tanto se redujo el costo; fue el caso del polietileno de baja densidad (LDPE). Estas bolsas fueron una gran barrera contra la humedad pero incapaces de contener los requerimientos de O₂ y CO₂ para maximizar la vida de almacenamiento del producto. Adicionalmente, las bolsas fueron sujetas a las perforaciones manuales con la finalidad de tener una bolsa más permeable. La industria pronto aprendió que ellos necesitaban más películas y bolsas sofisticadas para maximizar la vida de almacenamiento.

Una atmósfera modificada adecuada ha demostrado que mantiene la calidad del producto, principalmente por el retraso de la madurez y la senescencia, reduciendo la pérdida de humedad, y reduciendo los cambios de composición. Las atmósferas modificadas que mejor mantienen la calidad y la vida de almacenamiento de los Productos listos para usarse tienen un rango de O₂ de 2 a 8 % y un rango de CO₂ del 5 al 15 %. Normalmente, la mínima concentración necesaria de O₂ para evitar daños es alrededor del 2%. Esto ha sido documentado de diferentes frutas y hortalizas que tienen diferentes tolerancias (Ref 1) a la reducción de O₂ y elevación de CO₂ siendo esto dependiente del tipo de tejido, madurez, temperatura. Los Productos listos para usarse también varía en su tolerancia a las bajas concentraciones de O₂ y altas concentraciones de CO₂, pero en general ellos exhiben más tolerancia que el tejido intacto.

La selección de las películas para empacar productos deben ser determinados por: velocidades de respiración del producto, permeabilidad de la película al O₂, CO₂, y H₂O (En algunos casos el etileno debe también ser considerado), El peso del producto para ser empacado, el almacenamiento, y la distribución de las temperaturas.

En el desarrollo del empaque de las atmósferas modificadas, el objetivo es igualar la velocidad de respiración del producto a la permeabilidad del gas en el empaque y establecer un equilibrio en la composición del gas que sería benéfico para el producto. Existe una significativa confusión en el mercado, entre los proveedores de empaque y los fabricantes; de que clase de empaque sería el mejor para un producto en particular. Los proveedores de empaque con frecuencia no entienden las implicaciones de los procesos de respiración cuando recomiendan materiales de empaque para frutas y hortalizas. Las

especificaciones de la permeabilidad del gas dadas por los fabricantes son usualmente determinadas bajo condiciones que están lejanas de la humedad relativa alta, condiciones de almacenamiento refrigerado del manjo de productos que respiran. Por consiguiente es imposible decir las especificaciones para la fabricación de películas, sin embargo una película específica daría como resultado las concentraciones adecuadas de los niveles de O_2 y CO_2 cuando son aplicados en la práctica. Sin embargo, existen datos disponibles de velocidad de respiración para productos completos que para productos cortados, consecuentemente no puede ser usado para calcular las permeabilidades del gas en la película necesarias para igualar las velocidades de consumo de O_2 y producción de CO_2 .

Se están haciendo investigaciones en las velocidades de respiración los resultados serán canalizados por los productores a los proveedores de películas; antes que los materiales de empaque sean seleccionados.

Para seleccionar una película de empaque apropiada nosotros necesitamos conocer (además de las velocidades de respiración) : Que atmósfera es la mejor para nuestro producto, cual será la temperatura de almacenamiento y distribución cuando el producto sea puesto dentro de la bolsa, la permeabilidad de la película (como una función del área de superficie y espesor) a varios gases a la temperatura apropiada. El cociente de la película para la permeabilidad de CO_2 y O_2 , representa las velocidades relativas a las cuales el oxígeno y CO_2 se moverán dentro y fuera del empaque, con lo cual indican las posibles combinaciones de O_2 y CO_2 que pueden ser mantenidas dentro de un empaque hecho de una película.

Varios materiales de empaque con características favorables de permeabilidad de gas tienen baja permeabilidad pero al vapor de agua. Esto también es importante ya que la humedad relativa dentro de un empaque sellado es muy alto (95 %), alguna fluctuación pequeña en la temperatura de almacenamiento resultaría en la condensación de agua dentro del empaque la cual acrecentaría la proliferación microbiana. La humedad dentro del empaque puede ser controlada por el uso de materiales de empaque con mayores permeabilidades al vapor de agua o incluyendo sacos con absorbentes de agua como es el caso de $CaCl_2$,

sorbitol Barmore 1987; Shirazy y Camerón 1992).

El etileno tiene la capacidad de acelerar los procesos de senescencia y deterioración en pocas horas, el uso de compuestos para absorber el etileno necesita ser considerado en el contenido de los Productos listos para usarse principalmente en frutas. Bolsas que contienen Charcoal con cloruro de paladio pueden ser efectivos absorbedores y no contaminarían el producto (Watada et al. 1990). Otras alternativas podrían ser películas plásticas con capacidades de absorber etileno (Ref 10).

Como una alternativa para la comercialización de películas con apropiadas permeabilidades, algunos productores recomiendan diversas perforaciones de 1/16 avo a 1/8 avo de pulgada para el orificio en bolsas regulares de LDPE para prevenir condiciones anaeróbicas en la atmósfera. El problema con esta alternativa es que existe o no un control de la atmósfera.

Los empaques pueden ser activamente modificados mediante una inyección de una mezcla de gases después de sacar un leve vacío. Este es quizás, el más eficiente camino para establecer rápidamente la atmósfera modificada deseada (el principal objetivo de esto es reducir la concentración de oxígeno dentro de la atmósfera tan pronto como sea posible).

Un número de diferentes polímeros con diferentes permeabilidades de gases y vapor de agua están siendo usados para fabricar las películas. Estos incluyen: Polietileno de alta y baja densidad (LDPE), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno, nylon, etc.(Ref 26). Más películas se han desarrollado recientemente con nuevas y más sofisticadas técnicas como la coextrusión, mezclando, uso de plasticidas como EVA, microperforación laser, y películas que son capaces de responder y/o a la regulación de factores ambientales (son llamadas "películas inteligentes"). Las nuevas películas que responden a las fluctuaciones de temperatura por su modificación estructural para permitir el ajuste de la permeación de gas están siendo desarrolladas.

B I B L I O G R A F I A .

- 1.- Brecht Patrick E., 1980., Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce., Food Technology., 1980., 45 - 50.
- 2.- Bourne Malcolm C., 1982., Effect of temperature on firmness of raw fruits and vegetables., Journal of food science., 440 - 444.
- 3.- Carlin F., Nguyen - The G Hilbert., Chambroy Y., 1990., Modified Atmosphere packaging of fresh, "Ready - to - use" grated carrots in polymeric films., Journal of food science., 1033 - 1037.
- 4.- Carlin F., Nguyen - The G Hilbert., Chambroy Y., Reich Maryse., 1990., Effects of controlled atmospheres on microbial spoilage, electrolyte leakage and sugar content of fresh "ready to use " grated carrots., Journal of food science., 110 - 119.
- 5.- Carlin F., Nguyen - The., Varoquaux P., 1990., La conservation des produits de la 4eme gamme., Actualites des Industries alimentaires et Agro - Alimentaires., 931 - 943.
- 6.- Cleve B. Deny., 1989., Industry Action to ensure plastic package integrity., Food Technology., 88.
- 7.- Fox R.A., 1989., Plastic Packaging - The consumer, Preference of tomorrow., Food Technology., 84 - 85.
- 8.- Huxsoll Charles C., Bolin Harold R., 1989., Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables., Food Technology., 124 - 128.
- 9.- Instituto Mexicano del Plastico Industrial., Teoria en plasticos TP - 1., 133 - 152.
- 10.- Kader Adel A., 1980., Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres., Food Technology., 51 - 53.

11.- Kader Adel A., 1986., Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables., Food Technology., 99 - 104.

12.- King Jr A. D., Bolin H.R., 1989., Physiological and microbial storage stability of minimally processed fruits and vegetables., Food Technology., 132 - 135.

13.- Lioutas Theodore S., 1983., Challenges of controlled and modified atmosphere packaging: A Food Company's Perspective., Food Technology., 78 - 85.

14.- Myers Richard A., 1989., Packaging considerations for minimally processed fruits and vegetables., Food Technology., 129 - 131.

15.- Poovaiah B.W., 1986., Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables., Food Technology., 86 - 88.

16.- Rodriguez T. José Antonio, 1991., Introducción a la Ingeniería de empaques., Primera edición elaborada por Productos de Maíz, 79 - 115.

17.- Ronk Richard J., Carson Karen L., Thompson Patricia, 1989., Processing, Packaging, and Regulation of Minimally Processed Fruits and Vegetables., Food Technology., 136 - 139.

18.- Scandella D., 4eme gamme. L' evolution du code de bonnes pratiques professionnelles., Infos - CTIFL., Horst - serie " 4eme gamme", 3 - 4.

19.- Secretaria de Comercio y Fomento Industrial., 1991-1994., Programa para la Modernización y Desarrollo de la Industria Micro, Pequeña y Mediana., Organización interempresarial., Servicio de enlace de la SECOFI, Desarrollo de proveedores del Sector público., 11 - 28.

- 20.- Shewfelt R.L., 1986., Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables., Food Technology., 70 - 80.
- 21.- Toledo Romeo T., Shen - Youn Chang., 1990., Advantages of aseptic Processing of fruits and vegetables., Food Technology., 72 - 76.
- 22.- Varoquaux P., 1991., Ready - to - use fresh fruits and vegetables., Rev.Gen. Froid Juillet., 33 - 41.
- 23.- Watada Alley E., 1986., Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables., Food Technology., 82 - 85.
- 24.- Wills R.H.H., Lee' T.H., Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas Post - Recolección., Editorial ACRIBIA, S.A.
- 25.- Woodroof J.G., 1990., 50 Years of fruit and vegetables Processing., Food Technology., 92 - 101.
- 26.- Zagory Devon., Kader Adel A., 1988., Modified Atmosphere Packaging of fresh produce., Food Technology., 70 - 77.