



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS:

“SELECCION DE UN ENVASE PLASTICO SEMIRIGIDO CON PERFORACIONES PARA CONSERVAR Y DISTRIBUIR A CENTROS COMERCIALES FRESAS ENTERAS FRESCAS”.

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA: MA. DE LOS ANGELES SANDOVAL ROBELLADA

ASESORA: M.C. MA. DE LA LUZ ZAMBRANO ZARAGOZA.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO. 2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MEXICO

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

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

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Envase y embalaje de alimentos: "Selección de un envase plástico  
semirígido con perforaciones para conservar y distribuir a centros  
comerciales fresas enteras frescas".

que presenta la pasante: Ma. de los Angeles Sandoval Robellada  
con número de cuenta: 9555856-1 para obtener el título de :  
Ingeniera en alimentos

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

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de Junio de 2001

MODULO	PROFESOR
I	M.C. Ma. de la Luz Zambrano Zaragoza
I	Dr. José Luis Arjona Román
II	I.B.Q. Jaime Flores Minutti

FIRMA

# INDICE

Introducción	1
Justificación	2
Objetivos	6
Indice de cuadros	7
Indice de figuras	8

## CAPITULO 1

### ANTECEDENTES

1.1. Generalidades de las fresas	9
1.2. Clasificación de las fresas	11
1.3. Velocidad de respiración de las fresas	14
1.4. Función de los diferentes gases: O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> y vapor de agua	17
1.5. Selección de gases	21
1.6. Consumo de gases en el empaçado	24
1.7. Empacado con atmósferas modificadas para fresas	26
1.7.1. Tipos de películas protectoras utilizadas para atmósferas modificadas	27
1.7.2. Influencia de las atmósferas modificadas en la composición química	29
1.7.3. Seguridad microbiológica	30
1.7.4. Factores externos que afectan la conservación de las frutas utilizando MAP	31

1.8. Recomendaciones para mantener la calidad de las fresas después de ser cosechadas	34
1.9. Ventajas de utilizar atmósferas modificadas	37

## **CAPITULO 2**

2.1. Cuadro metodológico	39
2.2. Descripción del cuadro metodológico	40

## **CAPITULO 3**

### **SITUACIÓN TECNOLÓGICA**

3.1. Selección de barreras protectoras para fresas enteras frescas	42
3.2. Clasificación de envase y embalaje	51
3.3. Función del envase	53
3.4. Características que presentan algunos materiales de envase y embalaje	56
3.5. Características de los diferentes materiales de envase a utilizar	60
3.5.1. Propiedades generales de los envases	62
3.5.2. Aditivos para el plástico	66
3.6. Eficiencia de las barreras	69

<b>CONCLUSIONES</b>	73
<b>GLOSARIO</b>	76
<b>REFERENCIAS</b>	79
<b>BIBLIOGRÁFICAS</b>	

## INTRODUCCIÓN

Las fresas son unas de las frutas más demandadas para su consumo en estado fresco. Sus valores nutricionales, así como sabor y aroma están armónicamente combinados. Para preservar sus propiedades naturales durante su almacenamiento, distribución y en algunos casos exportación, tienen que ser rápidamente preenfriadas aproximadamente a 0 °C inmediatamente después de ser cosechadas, para evitar daños físicos y crecimiento microbiano. Las fresas no se enfrían individualmente, se envasan en paquetes apropiados. <sup>2</sup>

Las ventajas del envasado son muchas ya que sirve como una unidad eficiente de manejo, protege la calidad y reduce gastos, disminuye daños mecánicos, protege contra pérdidas de humedad, provee productos limpios y sanos y proporciona una atmósfera modificada muy benéfica en el caso de emplear el método MAP (por sus siglas en inglés Modified Atmosphere Packaging), para fresas, se obtiene una reducción en la velocidad de respiración dando como resultado un tiempo de vida de anaquel mayor. <sup>3</sup>

En este trabajo se pretende dar a conocer una de las formas de envasar fresas enteras, que mediante una recopilación bibliográfica se analizarán las diferentes características de los envases para conservar y distribuir fresas a centros comerciales, en donde, finalmente se seleccionará un envase plástico semirígido con perforaciones, el cual, alargará la vida de anaquel de las fresas y siendo este un contenedor plástico muy común en centros comerciales. <sup>3</sup>

## **JUSTIFICACIÓN**

El envasar frutas frescas es uno de los principales puntos que tiene que cumplir el agricultor para el consumidor.

Sin un adecuado envase no sería posible consumir alimentos, ya sea en estado natural o procesados.

El envase y embalaje de materiales contribuye a un costo significativo para la industria alimenticia. Es importante que tanto los empacadores, transportadores, compradores y consumidores conozcan que son bastante amplias las opciones de empaquetado que existen actualmente.

El diseño apropiado para cada producto debe de brindar protección e identificar al producto, entre otros puntos.

La amplia variedad de tamaños de envases y combinaciones de materiales es el resultado de las grandes demandas del mercado para diferentes segmentos en la industria de alimentos, debido a las diferentes necesidades que los compradores, distribuidores y consumidores requieran.<sup>21</sup>

Así pues tenemos que las principales funciones de los envases para alimentos son las siguientes:

- Proteger al contenido (alimento fresco o procesado) del exterior como la humedad (vapor de agua), el oxígeno, frío, calor, luz, insectos o roedores, preservación del aroma, contra agentes químicos: congelación, radiación, altas temperaturas, aceite.
- Prevenir de daños durante su manejo, transporte y distribución.
- Establecer y/o mantener una estabilidad microbiana. El contenedor no debe de alojar microorganismos como hongos y bacterias. Este es de suma importancia cuando se envasan alimentos húmedos como frutas, vegetales en bolsas de plástico y carnes.

- Controlar temperaturas y presiones en donde estará expuesto el alimento.
- Que sea biodegradable.
- Variedad de envases: tamaños y estilos.
- Atracción en ventas: impresión multicolor, moda, anuncios distintivos y etiquetas.
- Que sea resistente a la tracción, al estiramiento, al desgarre, a la fatiga por flexión, al corte, al rozamiento, a la punción, a la compresión, a prueba de golpes, amortiguación.
- Que sea de fácil manejo y transporte.
- Que sea cómodo: fácil de abrir y cerrar, apto para impresión, susceptible de reutilización.
- Que sea higiénico: protección contra objetos extraños, olores desagradables, contra descomposición, seguro, protección contra posible falsificación, transparentes.<sup>31</sup>

Los alimentos frescos después de ser cosechados siguen teniendo actividad biológica, es decir, siguen respirando.

La atmósfera dentro del envase constantemente presenta cambios de gases y de humedad los cuales se producen durante los procesos metabólicos.

El tipo de envase que se emplee influencia la atmósfera alrededor del alimento porque algunos plásticos tienen unas barreras de protección muy pobres a los gases y a la humedad.

El metabolismo de los alimentos frescos continúa utilizando oxígeno en el espacio interior del envase e incrementa así la concentración del dióxido de carbono. Al mismo tiempo el agua que se produce y la humedad en el espacio interno del envase sigue aumentando. Esto da como resultado un crecimiento microbiano y daños en los tejidos de las frutas, si no se tiene un adecuado envase. Todos los alimentos tienen sus condiciones óptimas en cuanto a composición de gas y nivel de humedad para maximizar su vida de anaquel.<sup>15</sup>

Seleccionamos la fresa porque es una de las frutas más populares. Se consume tanto de forma natural como procesada de diferentes formas, como mermeladas, jaleas, congeladas, helados, y es uno de los principales sabores en la mayor parte de los alimentos procesados y de panificación.

Seleccionando el mejor envase para las fresas podremos obtener una mejor firmeza, detener el crecimiento microbiano y mejorar las características de manejo, haciéndolas más aceptables para los consumidores.

Las frutas frescas tienen rangos específicos de respiración, si se utiliza un envase inapropiado, va aumentando la producción de dióxido de carbón, creando condiciones de respiración anaeróbicas y por consiguiente reduce la calidad de las frutas.

Una atmósfera anaeróbica (menor al 2-3% de oxígeno) crea condiciones que incrementan el crecimiento microbiano de patógenos anaerobios (productores de toxinas).

De ahí la importancia de seleccionar un envase que permita una adecuada transferencia de gases como oxígeno, dióxido de carbón y nitrógeno, aumentando así la vida de anaquel y protegiendo de daños físicos a las fresas.

Los avances en la tecnología del envasado han tenido una gran contribución a un mercado más eficiente de frutas frescas. Los consumidores ahora reciben productos en condiciones frescas y sanitarias y menos dañados, con una vida de anaquel mayor. El envasado actual ha coadyuvado a mejorar el manejo de alimentos de origen frutícola entre productores y consumidores. La descomposición o posible daño en el producto puede impedir su venta en el mercado o traer consigo una fuente de contaminación y producir una enfermedad y consecuentemente grandes pérdidas económicas. Tampoco los envases pueden sustituir a la refrigeración.<sup>6, 29</sup>

De ahí la gran importancia de conocer todas las propiedades, características y funcionalidades de las películas plásticas para seleccionar cual es la más apropiada en la selección de un envase para alargar la vida de anaquel de las fresas enteras, aunque en los centros comerciales existan más de 3 formas de envasar y distribuir éstos frutos, como son los envases de polietileno de baja densidad o polipropileno con perforaciones, así como charolas de polietileno cubriendo a las fresas con una película plástica (egapack), en cajas de cartón corrugado, en mallas de polietileno de alta densidad cubiertas con una película plástica (egapack) o simplemente a granel. También el uso de atmósferas modificadas el cual es bastante empleado en Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, Europa y México.

Cabe destacar que las ventajas del envasado son muchas ya que sirve como una unidad eficiente de manejo, protege la calidad y reduce gastos, disminuye daños mecánicos, protege contra pérdidas de humedad, proporciona una atmósfera modificada muy benéfica, provee productos limpios y sanitarios.

A partir de recopilación bibliográfica, se logrará seleccionar un envase plástico apto para conservar y distribuir a centros comerciales fresas enteras, y con esta selección se reducen pérdidas de humedad y por lo tanto de peso, previniendo así la deshidratación y el marchitamiento lo cual es importante para evitar la pérdida de compuestos aromáticos, sabores, etc.

## **Objetivos**

### **Objetivo General:**

Analizar las características de los envases a utilizar para la conservación de fresas enteras frescas para su distribución a los centros comerciales.

### **Objetivo Particular 1:**

Analizar las propiedades de transporte de gases de los envases aptos para la conservación de fresas enteras frescas.

### **Objetivo Particular 2:**

Analizar mediante recopilación bibliográfica la selección de barreras protectoras para conservar fresas enteras frescas.

### **Objetivo Particular 3:**

Definir las características de los diferentes materiales propios para envasar y embalar fresas enteras frescas.

## INDICE DE CUADROS

1. Velocidad de respiración de la fresa a diferentes temperaturas	15
2. Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar (1atm)	18
3. Velocidades de respiración de diferentes frutas	23
4. Parámetros para mantener la calidad de las fresas	35
5. Películas plásticas más comunes para envasar fresas enteras frescas	44,45
6. Medidas de tarimas a utilizar para el embalaje de frutas y vegetales	47
7. Ordenamiento de contenedores siguiendo la tabla MUM	49
8. Funciones de los envases	54
9. Transmisión de vapor de agua de varias películas plásticas utilizadas para alimentos	71
10. Permeabilidad al O <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> de algunas películas plásticas	72

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>1. Paso de humedad o gases</b>	<b>19</b>
<b>2. Mecanismo de sellado que se emplea para envasar alimentos</b>	<b>28</b>
<b>3. Envase para atmósferas modificadas</b>	<b>45</b>
<b>4. Ejemplo de una tarima con producto siguiendo la tabla MUM</b>	<b>48</b>

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

### 1.1. Generalidades de las fresas

Nombre común: fresa.

Nombre botánico: *Fragaria spp.*

Se producen en zonas templadas como México, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, principalmente.

Botánicamente la fruta es la estructura de las angiospermas que se desarrolla desde la pared del ovario después de ser fecundado, se va formando una semilla hasta que madura y se convierte en un fruto. Se considera un grupo heterogéneo muy grande de los productos de las plantas los cuales incluyen cereales, vegetales, oleaginosas, especias y frutos.

En el sentido de la horticultura, un fruto se refiere al componente que requiere ser consumido en la dieta de los humanos y generalmente como postre, el cual tiene que tener fragancias características, sabores característicos y naturalmente son dulces o pueden ser endulzados.

Dos principales componentes constituyen el crecimiento de una fruta: primero el crecimiento del pericarpio y segundo el crecimiento de los tejidos.

El agua juega un papel muy importante dentro del desarrollo de las frutas y existen dos fenómenos que dependen particularmente de la acumulación del agua: la expansión celular (crecimiento de la fruta) y la suavidad de la fruta (resistencia mecánica a la compresión).

La extensión de la pared celular requiere: suficiente turgencia, presión para establecer la tensión de la pared por encima de un cierto nivel crítico, adecuada permeabilidad de las membranas celulares para permitir el flux de agua, y la iniciación y mantenimiento de los enlaces en la pared que están permanentemente formándose y rompiéndose.

Las fresas se clasifican dentro de las frutas agregadas, es decir, en la flor de ésta existen muchos pistilos diminutos, cada uno de los cuales produce un fruto duro y seco en forma de semilla. La parte carnosa de la fresa es el receptáculo, que se ha engrosado y tornado jugoso. <sup>14</sup>

Varios factores son de mucha importancia para las frutas como es la **madurez**, y es en donde se llevan a cabo cambios químicos y físicos los cuales determinan la calidad después de ser cosechados. Estos cambios se originan en la última etapa de maduración o desarrollo y son: incremento en azúcares, decrece la acidez, se desarrollan compuestos volátiles los cuales contribuyen al sabor y al aroma, formando pigmentos en la piel y en la carne. El porcentaje de sólidos solubles incrementa en las frutas que contienen cierta cantidad de azúcar.

La completa maduración es cuando la fruta desarrolla su máximo tamaño, sabor, textura y aroma.

La **senescencia** es cuando empieza a cesar el desarrollo de la fruta, es decir a envejecer. Puede ocurrir antes o después de ser cosechada la fruta. <sup>1</sup> Los cambios degradativos que ocurren durante la senescencia son inducidos e iniciados por la acción fisiológica de las heridas durante el procesamiento mínimo. <sup>29</sup>

## **1.2. Clasificación de las fresas**

La selección de las variedades al nivel de la producción se hace en función del rendimiento, del calibre, del comportamiento, de la conservación, de la resistencia al transporte y de la calidad gustativa.

### *Requerimientos mínimos*

En todas las clases, las fresas deben ser:

- enteras y sin lesiones
- sana, se excluyen los productos atacados por la podredumbre
- exenta de materiales extraños visibles
- provistas de su cáliz y de un pedúnculo corto verde y no seco
- exenta de ataques de parásitos o de enfermedades
- fresca pero no lavada
- exenta de humedad exterior normal
- exente de olor y sabor extraño

Las fresas se tienen que recolectar con mucho cuidado.

Tienen que estar lo suficientemente desarrolladas y maduras.

Estas condiciones se requieren para:

- Que el fruto tenga suficiente resistencia mecánica durante el transporte y manejo
- que lleguen al lugar de su destino en condiciones satisfactorias

**Clasificación según: Regulation 899/87 Annex regulation 1435/91 y 888/97**

Las fresas se clasifican en tres clases:

(i) Clase Extra

Las fresas son de una calidad superior. Su color y tamaño están en función de su variedad y son particularmente uniformes y regulares con respecto al grado de madurez, color y tamaño. Tienen que tener una apariencia brillante, tomando en cuenta las características de la variedad y tienen que estar libres de suciedad.

(ii) Clase I

Las fresas son de buena calidad. Pueden presentar características de la variedad. Tienen los siguientes defectos, pero no con esto quiere decir que esté dañada su apariencia de la fruta así como su conservación: leves defectos en la forma y presencia de ligeras manchas blancas.

Son menos uniformes en su tamaño. Prácticamente están libres de suciedad.

(iii) Clase II

Las fresas satisfacen los requerimientos mínimos siguientes:

Presentan defectos en su forma, manchas blancas las cuales no deben de exceder 1/5 de la superficie del área de la fruta, ligero magullamiento seco, ligeras trazas de suciedad.

### *Tamaño de las fresas*

El tamaño se determina por el diámetro máximo de la sección ecuatorial.

Las fresas tienen que tener mínimo los siguientes tamaños:

- Clase extra: 25 mm
- Clases I y II: 22 mm

La presentación de tiene que ser uniforme, es decir, fresas del mismo lugar de origen, variedad y clase. <sup>7</sup>



Un mg de CO<sub>2</sub> representa 2.55 kcal, multiplicando por el factor 86.3 se convierte el valor a Btu / ton / 24hr. Así mismo la velocidad de respiración en mg / kg / hr se puede convertir a Btu / ton / 24hr multiplicando por el factor 220.

Multiplicando por 61.2 se convierte a kcal /1000kg / 24hr, para realizar los cálculos correspondientes es necesario utilizar un calorímetro con el fin de obtener el Cp del producto debido a la respiración.

Todas las frutas respiran más lento a 0°C, pero no todas las frutas tienen la misma velocidad de respiración así como madurez. El rango de temperatura para mantener las frutas en general va de -1°C a 32°C, ya que con esto ayudamos a reducir la actividad metabólica e infecciones producidas por hongos y bacterias los cuales incrementan la velocidad de respiración, dañan a las frutas y acortan la vida de anaquel. <sup>1</sup>

En el cuadro N° 1, se observa la variación en la intensidad respiratoria para fresas donde se observa que de 0 a 10 °C existe un incremento en la respiración de aproximadamente 30 mg CO<sub>2</sub> / kg / hr. Sin embargo, a temperaturas mayores el incremento en la velocidad de respiración llevan a una reducción considerable de la vida útil.

**Cuadro N° 1.** Velocidad de respiración de la fresa a diferentes temperaturas.

Fruta	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
Fresa	12-18	16-33	30-60	71-92	102-196	169-211

*Mitchell, F.G., 1996* <sup>20</sup>

El principal efecto de las atmósferas modificadas en el metabolismo de las frutas es disminuir la velocidad respiratoria, disminuyendo así el consumo de sustratos, la producción de CO<sub>2</sub>, el consumo de O<sub>2</sub> y la liberación de calor. La disminución de la velocidad de respiración depende básicamente de la fruta que se vaya a preservar y de la composición de gases en equilibrio dentro del envase.

Las fresas muestran una disminución en la velocidad de respiración cuando la concentración de CO<sub>2</sub> incrementa al 20% y la concentración de O<sub>2</sub> disminuye al 6%.

Las concentraciones de CO<sub>2</sub> por debajo de un 20% disminuyen la velocidad de respiración de las fresas. <sup>18</sup>

Otro parámetro de interés es la habilidad de inhibir la formación de radicales libres (antioxidantes).

El uso elevado de CO<sub>2</sub> en el empaquetado reduce la capacidad antioxidante, en particular durante el periodo inicial de almacenamiento.

La fruta que se almacena a elevadas concentraciones de O<sub>2</sub> tiene buena capacidad antioxidante durante los primeros días de almacenamiento pero va decayendo si se expone a un periodo prolongado de almacenamiento. <sup>12</sup>

Los productos dañados o cortados tienen velocidades de respiración mayores que los productos enteros sin preparar. Otro factor que afecta la velocidad de respiración es el estado de madurez, los tejidos jóvenes son metabólicamente más activos y exhiben una actividad respiratoria más alta que los tejidos más maduros. <sup>29</sup>

#### **1.4. Función de los diferentes gases: Oxígeno, Dióxido de carbono, Nitrógeno y vapor de agua.**

El agua es el componente mayoritario en las frutas. El agua va perdiéndose de las frutas conforme éstas van desarrollándose, decrecen su volumen durante épocas de calor, durante el día se van deshidratando pero recobran su humedad en la noche.

Después de ser cosechadas el proceso de transpiración o pérdida de humedad continúa, pero no siempre ocurre así, es decir, el contenido de humedad de algunas frutas es alto y las pérdidas de humedad durante el transporte y almacenamiento, siendo un serio factor económico.

Las fresas por ejemplo, su contenido de agua es del 90%, y por lo general su vida de anaquel va de 5 a 7 días.<sup>29</sup>

Las funciones principales de cada uno de los gases atmosféricos dentro de una atmósfera modificada son:

**Oxígeno (O<sub>2</sub>):** éste gas, es probablemente el más importante, debido a que es aprovechado metabólicamente por los microorganismos de putrefacción y los tejidos de las plantas, además de que toma parte en algunas reacciones enzimáticas en los alimentos, por éstas razones en un sistema de atmósferas modificadas el O<sub>2</sub> se debe excluir o mantener en niveles muy bajos ya que las frutas lo requieren para llevar a cabo su respiración, evitando con ello la respiración anaeróbica.<sup>29</sup>

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):** es un potente inhibidor del crecimiento bacteriano, es particularmente efectivo contra bacterias Gram negativas, microorganismos de putrefacción como las *Pseudomonas sp.* Sin embargo, el CO<sub>2</sub> no retarda el crecimiento de todo tipo de microorganismos.<sup>29</sup>

**Nitrógeno (N<sub>2</sub>),** es un gas que se encuentra abundantemente en el aire que respiramos, puede ser purificado y comprimido a líquido a un costo bastante razonable. El uso de N<sub>2</sub> dependiendo del producto reduce el contenido de O<sub>2</sub>. Algunas veces es deseable para mantener la calidad de las frutas. Algunas frutas varían a tolerar el N<sub>2</sub> ya que utilizan poca concentración de O<sub>2</sub>. Se usa directamente dentro del envase.

Sin embargo, si una película con permeabilidad intermedia o adecuada se selecciona, un equilibrio deseado en la atmósfera se establecerá cuando las velocidades de transmisión de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a través del envase iguallen la velocidad de respiración del producto. Estos factores necesitan ser optimizados para cada producto para obtener todos los beneficios del envasado con atmósferas modificadas. <sup>1</sup>

**Cuadro N° 2.** Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar (1atm).

GAS	PORCENTAJE (%)
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	78.03
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	20.99
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	0.94
Hidrógeno (H)	0.01

*Parry, R.T. 1993.<sup>23</sup>*

Como lo muestra el cuadro N° 2, existe alrededor del 21% de oxígeno en el aire que respiramos normalmente. Mientras la concentración de O<sub>2</sub> dentro del envase vaya descendiendo hasta aproximadamente un 10%, la respiración empieza a disminuir, esto puede continuar hasta un descenso del 4-2% del oxígeno, dependiendo del producto.

Si el O<sub>2</sub> continua descendiendo de un 4 hasta un 2% el metabolismo fermentativo reemplaza al metabolismo de respiración aeróbica normal y comienzan efectos no deseables como malos olores y sabores.

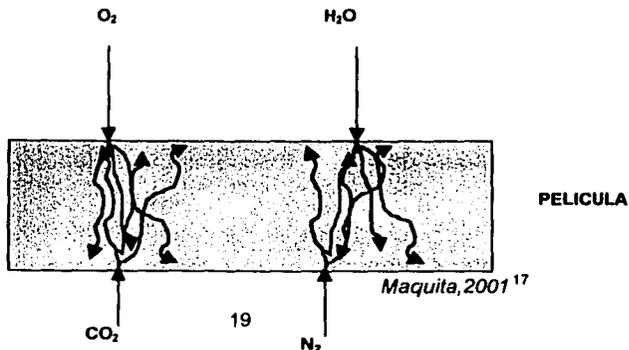
De igual manera, si el  $\text{CO}_2$  incrementa aproximadamente a un 0.03% puede existir una supresión de respiración que en algunas frutas es conveniente. Pero para evitar el crecimiento microbiano es recomendable seleccionar el  $\text{CO}_2$  por arriba del 10% y equilibrarlo con los demás gases que se vayan a utilizar.<sup>26</sup>

**Vapor de agua:** entre el movimiento de gases, uno de los más importantes es el de vapor de agua, debido a que si no se elige una película con la permeabilidad adecuada se puede provocar la condensación y crear condiciones adversas para el mantenimiento de la calidad del producto.

En la figura N° 1 se muestra el comportamiento de los gases dentro y fuera de una película plástica con microperforaciones, absorbiendo  $\text{O}_2$  y despidiendo  $\text{CO}_2$  (respiración), también como despiden pequeñas cantidades de vapor de agua (transpiración).

La película plástica permite que el producto respire y despidan los gases a través de las microperforaciones. El vapor de agua que emana el producto, normalmente, se condensa en la superficie de la película y se convierte en agua, creando el medio propicio para el desarrollo bacterial.<sup>13</sup>

**Figura N° 1. Paso de humedad o gases**



El paso de vapor de agua o de gases se realiza entre los espacios intermoleculares del polímero de la película. La magnitud de la transmisión depende de:

- El tamaño de la molécula de gas o de vapor de agua
- La interacción del permeante con el polímero
- El ordenamiento de la molécula de la película (cristalinidad vs amorfo, orientación)
- Las ramificaciones de la molécula de la película
- Temperatura de transición vítrea.<sup>17</sup>

## 1.5. Selección de gases

Existen varios factores que se tienen que considerar para seleccionar el mejor envase para frutas frescas y son:

- Velocidades de respiración del producto
- Permeabilidad de la película
- Superficie de área del envase
- Peso del producto
- Equilibrio en la composición de gases dentro del envase
- Temperatura

Existen diferentes películas plásticas con diferentes permeabilidades para las cuales se tienen que seleccionar gases ya sea que se inyecten o que se tenga un equilibrio de dichos gases debido a que después de cosechadas las frutas siguen respirando y transpirando.<sup>26</sup>

La velocidad de respiración de las frutas es un buen indicador de la vida de anaquel, es decir, a mayor velocidad será menor la vida de anaquel.

Reduciendo la concentración de oxígeno hasta un 10% se puede controlar muy bien la velocidad de respiración de las frutas, pero si se tienen niveles de oxígeno bastante bajos provoca una respiración anaeróbica dando como resultado la producción de olores y sabores desagradables de las frutas, así mismo, facilita el crecimiento microbiano.<sup>24</sup>

En la respiración las frutas utilizan oxígeno atmosférico de los carbohidratos y de los ácidos orgánicos y la consecuente producción de energía metabólica, calor, dióxido de carbono y vapor de agua.

La mejor forma de reducir la velocidad de respiración es disminuir la temperatura. Muchos productos se mantienen en las mejores condiciones porque emplean temperaturas cercanas a los 0°C., excepto algunas frutas tropicales que tienen que mantenerse de 10 a 13°C. <sup>26</sup>

De ahí que el sistema de atmósferas modificadas se utiliza en frutas para reducir la velocidad de respiración, evitar pérdidas de humedad, producción de calor, obscurecimiento, decoloración, etc.

Este sistema se basa en una constante observación de la velocidad de respiración de las plantas en medios de bajas concentraciones de oxígeno.

Es de suma importancia conocer la velocidad de respiración de cada fruta, un ejemplo lo cita el cuadro N°1. <sup>9</sup>

El principal objetivo del sistema de atmósferas modificadas que se emplea para frutas frescas es el de crear un equilibrio dentro de la atmósfera del envase con porcentajes de O<sub>2</sub> bajos y porcentajes altos de CO<sub>2</sub> suficientes para que sean benéficos al producto y no causen daños.

La industria de envase cada vez más toma más responsabilidad a los requerimientos de gases para productos frescos diseñando ahora películas específicas para cada producto. Existen envases para frutas con velocidades de respiración baja, media y muy alta, como lo muestra el cuadro N° 3, en el caso de la fresa su respiración es media.

El incluir perforaciones o poros en las películas plásticas permite un intercambio más rápido de gases en comparación con las películas plásticas normales.

Estos envases con perforaciones o agujeros tienen algunas limitantes físicas. El dióxido de carbono se difunde a través de las películas plásticas de 2 a 6 veces más rápido que el oxígeno. Asimismo, el CO<sub>2</sub> sale del envase más rápido de lo que entra el O<sub>2</sub>. Esto es el resultado de un equilibrio atmosférico a bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y relativamente bajas concentraciones de CO<sub>2</sub>.

Debido a que muchas frutas varían en tolerancia a elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub>, éste rango de proporciones de gases es muy útil. Éstas películas con perforaciones admiten O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a velocidades similares. Es imposible alcanzar bajos niveles de O<sub>2</sub> (1-5%) sin que se acumule una alta concentración de CO<sub>2</sub> (15-20%). Éstas películas se usan solo con aquellos productos que toleran altas concentraciones de CO<sub>2</sub> y que no presentan daños.

Muchas frutas son relativamente tolerantes a altas concentraciones de CO<sub>2</sub>, de hecho las fresas y arándanos se ven beneficiadas con altas concentraciones de CO<sub>2</sub> ya que reducen el crecimiento microbiano y mantienen la firmeza.<sup>26</sup>

**Cuadro N° 3. Velocidades de respiración de diferentes frutas**

<b>Respiración muy baja</b>	<b>Respiración baja</b>
Papas	Lechuga
Cebollas	Col
Apio	Zanahorias
<b>Respiración media</b>	<b>Respiración alta</b>
Coliflor	Brocoli
Fresas	Hongos
Plátanos	Espinacas

[www.prodbags.com](http://www.prodbags.com) y cosas interesantes.htm, 2001<sup>9</sup>

## 1.6. Consumo de gases en el empaçado

Las fresas han sido objeto de estudio utilizando atmósferas modificadas con concentraciones elevadas de  $\text{CO}_2$  y reduciendo los niveles de  $\text{O}_2$ .

El principal problema es el incremento en la concentración de  $\text{CO}_2$  lo cual trae como consecuencia un aumento en la acidez de la fruta.

La ventaja de las atmósferas modificadas utilizando elevadas concentraciones de  $\text{O}_2$  en comparación con los niveles de  $\text{CO}_2$ , nos ayuda a mejorar éste problema ya que se retarda la firmeza de la fruta.

El uso de  $\text{O}_2$  a concentraciones mucho más altas que la que se presenta en el aire (50% en comparación con el 20%), previene de un crecimiento microbiológico reduciendo dramáticamente la actividad y proliferación de algunos microorganismos.

Muy poco se sabe acerca de cambios bioquímicos en la fruta por el uso de atmósferas modificadas y particularmente cuando se emplean altas concentraciones de  $\text{O}_2$ .<sup>1</sup>

El estudio que muestra D. Stewart, J. Opraka y C. Johnstone<sup>12</sup> muestran que las fresas tienen que cosecharse en su mejor estado de maduración, es decir, que la superficie de la fruta esté de color rojo mínimo en 50% o 75%, dependiendo de la variedad de la fresa, después se envasan en contenedores impermeables de polipropileno, se almacenan a 4°C por 1 hora.

Después pasan a la inyección de gases, se tienen 3 mezclas de gases, las cuales ya han sido evaluadas:

- a) 20%  $\text{O}_2$  y 80% de  $\text{N}_2$ (aire-control)
- b) 80%  $\text{O}_2$  y 20% de  $\text{N}_2$
- c) 5%  $\text{O}_2$ , 5%  $\text{CO}_2$  y 90% de  $\text{N}_2$

El sistema de envasado involucra dos ciclos , uno de un ambiente de gas removible y otro sistema de aspersión de gas.

Posteriormente las fresas se pueden almacenar a 3 diferentes temperaturas, por un periodo de 11 días:

- a) 4°C
- b) 8°C
- c) 21°C

Para tener referencia de control es importante almacenar también fresas sin ninguna protección.

Las mezclas de gases son más efectivas para evitar pérdidas de peso en las fresas que dejándolas sin empacar.

La pérdida de peso se inhibe almacenando a bajas temperaturas.

El nivel de CO<sub>2</sub> empieza a aumentar (>10%) para inhibir la infección por Botrytis cinerea, cuando la fruta se almacena a concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub>, esto es muy válido para temperaturas de 4°C y 8°C.

A una temperatura de 21°C se genera rápidamente un aumento en la concentración de CO<sub>2</sub>, el cual se ve influenciado en el sabor y la acidez

A temperaturas de 4°C y 8°C existe un incremento gradual en la producción de CO<sub>2</sub>, el cual no es suficiente para inhibir al Botrytis cinerea.

La exposición de los productos frescos a niveles superiores a su límite de tolerancia de CO<sub>2</sub> puede causar daño fisiológico y exponerlos a niveles más bajos de su tolerancia límite de O<sub>2</sub> puede incrementar la respiración anaeróbica y el desarrollo de sabores desagradables, debidos a la acumulación del etanol y acetaldehído. <sup>12</sup>

## 1.7. Empacado con atmósferas modificadas para fresas

Sus siglas en inglés **MAP** (Modified Atmosphere Packaging) satisface las demandas del consumidor para productos frescos, de alta calidad y alarga la vida de anaquel. Éste método consiste en preservar las fresas ya sean enteras o en rebanadas, en películas plásticas con una permeabilidad conocida. Se basa en modificar la composición natural de la atmósfera dentro del envase. El envase contiene una combinación específica de tres gases atmosféricos normales (Oxígeno, Dióxido de carbono y Nitrógeno) los cuales rodean el producto. El resultado que brinda es aumentar la vida de anaquel del producto, sin usar tratamientos físicos o químicos como conservadores, congelación, liofilización y secado. Éste tipo de sistema se emplea para envasar varios productos ya sean frescos, carnes, aves, pescado, productos de panificación, frituras y botanas. <sup>4</sup>

La actividad metabólica del producto se mantiene después de ser cosechado y continúan los intercambios gaseosos con la atmósfera que lo rodea.

Como consecuencia de la velocidad de respiración, la composición de la atmósfera bajo la película protectora se modifica: la concentración de O<sub>2</sub> disminuye mientras que la concentración de CO<sub>2</sub> y vapor de agua aumentan.

Se crea un gradiente entre la fruta y el exterior, el cual facilita la transferencia de gases entre el interior y el exterior del envase. Se establece un equilibrio dinámico entre los gases que se producen por la fruta y del medio ambiente que la rodea. En éste equilibrio el consumo de O<sub>2</sub> y la emisión de CO<sub>2</sub> son iguales a la liberación de éstos gases a través del envase a una determinada temperatura.

Éstos intercambios entre en medio ambiente de la fruta y el medio ambiente de la atmósfera ocurren simultáneamente. <sup>18</sup>

Se tienen que considerar los siguientes puntos para tener una atmósfera estable en las frutas:

- La intensidad de la absorción del oxígeno por el producto puede ser igual al total del flujo de O<sub>2</sub> a través del plástico.
- La intensidad de la emisión del CO<sub>2</sub> por el producto puede ser igual al total del flujo de CO<sub>2</sub> a través del plástico.
- La permeabilidad de la película protectora, presión, temperatura, humedad relativa y velocidad de respiración de la fruta son factores que ayudan al equilibrio de gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) dentro del envase.<sup>18</sup>

#### *1.7.1. Tipos de películas protectoras utilizadas para atmósferas modificadas:*

Los materiales de envase para frutas han encabezado la producción de películas protectoras con nuevas características basadas en la modificación de diferentes factores: el propio material, combinaciones para formar laminaciones de diferentes espesores, microporosidad y microperforaciones que están relacionadas con la permeabilidad, transmisión de vapor de agua, propiedades antiempañantes, facilidad de sellado y resistencia, las cuales se pueden modificar dependiendo lo que se vaya a envasar y bajo que condiciones va a permanecer el producto.

El número y tipo de barreras protectoras que se encuentran disponibles para envasar alimentos es muy amplia aunque son relativamente pocas las que se utilizan para la conservación y distribución de las frutas frescas.

Los más comunes son: PVDC, polietileno, polipropileno, EVOH y poliestireno. Éstos polímeros presentan un rango muy amplio de permeabilidad con lo cual cubre más necesidades en el tipo de barreras protectoras desde una permeabilidad muy reducida hasta una permeabilidad muy alta. El material de envase puede ser insuficientemente permeable cuando los cambios ocurren en el almacenamiento durante un largo proceso de mercadeo o distribución.

## TEMAS CON FALLA DE ORIGEN

Éstos cambios afectan la temperatura y la humedad relativa, alteran la velocidad respiratoria y la permeabilidad del envase. En diversos estudios se ha demostrado que la permeabilidad del PVDC al  $\text{CO}_2$  es de 1.5 a 2 veces mejor a  $10^\circ\text{C}$  que a  $0^\circ\text{C}$ .<sup>15</sup>

La pérdida de peso es otro factor que se debe de tomar en cuenta. Con barreras de baja permeabilidad al vapor de agua, el peso final fluctúa entre 1 y 2%. Otro aspecto importante es la eficiencia en el mecanismo de sellado, como lo muestra la figura N° 2, aunque la atmósfera en equilibrio esté directamente ligada a las condiciones de almacenamiento y a las interacciones producto-envase, es muy importante que los envases a utilizar sean suficientemente homogéneos y los mecanismos de sellado suficientemente seguros para evitar pérdidas por un mal envasado y manejo. Los parámetros fundamentales que tienen que ser controlados son la composición de la atmósfera interna ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  y  $\text{C}_2\text{H}_4$ ) y la impermeabilidad y resistencia de los cierres.<sup>18</sup>

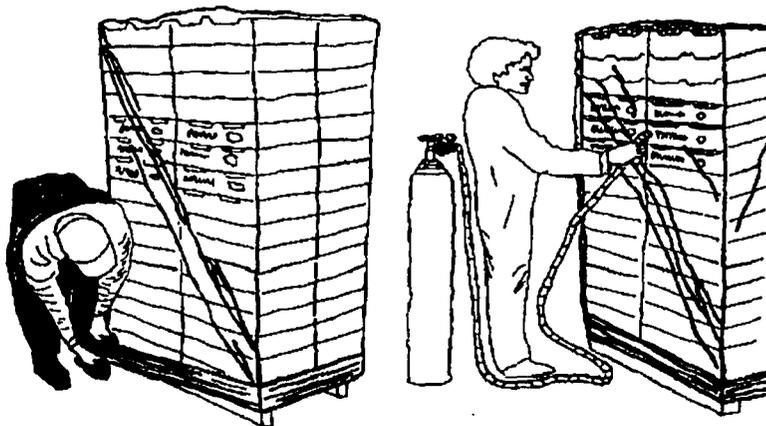


Figura N° 2. Mecanismo de sellado que se emplea para envasar alimentos.

Ashby, B.H. 1987<sup>5</sup>

Existen muchas películas plásticas para envasar y empaquetar alimentos, pero son muy pocas las que tienen permeabilidad a los gases y que son las que se necesitan para el sistema de atmósferas modificadas. El polietileno de baja densidad y el cloruro de polivinilo son las principales películas plásticas empleadas para envasar frutas frescas y vegetales. El Saran y el poliéster tienen una permeabilidad a los gases menor, las cuales se utilizan para frutos con velocidades de respiración muy bajas. <sup>5</sup>

### *1.7.2. Influencia de las atmósferas modificadas en la composición química*

La maduración de una fruta y su senescencia se caracteriza por importantes cambios fisiológicos y bioquímicos en los tejidos, lo cual modifican las características sensoriales de la fruta, como: color, sabor, olor.

Bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y/o altas concentraciones de CO<sub>2</sub> pueden alterar el metabolismo de algunos compuestos y/o el rango en donde se rompe o se forma.

Una respiración anaerobia o un daño fisiológico causado por una alteración del CO<sub>2</sub> altera la composición del producto y evidentemente su calidad.

Las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> se presentan con ciertos límites. Es necesario considerar otros factores como son la variedad de la fruta, el estado de madurez, la calidad y la temperatura. A bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y/o altas concentraciones de CO<sub>2</sub> se retarda la maduración y afecta la textura y el color. Cuando una fruta se expone a mezclas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> por largos periodos, se presenta una disminución en la formación de compuestos volátiles que afectan el desarrollo de un buen aroma. Bajas concentraciones de O<sub>2</sub> presentan una acción insecticida, en una fruta la calidad no se ve afectada, se usa por cortos periodos para omitir el uso de pesticidas o tratamientos usando frío por varios días.

En frutos no climatéricos como la fresa, el tratamiento con muy bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y/o altas concentraciones de CO<sub>2</sub> la previene de un ablandamiento, putrefacción y pérdida de color, pero no afecta la acidez titulable ni el pH, el contenido de sólidos solubles y el ácido ascórbico.

Cuando la concentración de O<sub>2</sub> está por alrededor de 0.25% o más baja y el CO<sub>2</sub> está al 20% o por arriba, se presenta una acumulación de etanol, acetaldehído y etilacetato, los cuales tienen un efecto adverso en la calidad.

18

### 1.7.3. Seguridad microbiológica

Las frutas tienen microfloras predominantes como son las bacterias, muchas de ellas enterobacterias, hongos y levaduras.

Sellando frutas frescas se tiende a incrementar la humedad relativa, la cual favorece el crecimiento microbiológico, incluyendo patógenos. La temperatura también altera el desarrollo microbiano, a altas temperaturas se ve afectada la velocidad de respiración. Envasando frutas utilizando atmósferas modificadas se produce un descenso en los niveles de O<sub>2</sub> dentro del envase el cual favorece el desarrollo de microorganismos anaerobios como el *Clostridium botulinum*. Éste microorganismo crece en condiciones de humedad relativa alta, salinidad alta y baja acidez, a bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y temperatura entre 3-5°C. <sup>18</sup>

#### **1.7.4. Factores externos que afectan la conservación de las frutas utilizando atmósferas modificadas**

##### **a) Temperatura**

Las bajas temperaturas contribuyen al decrecimiento de la velocidad de respiración, a controlar el desarrollo microbiológico y retardan la actividad metabólica de los tejidos. Un decrecimiento lento hasta 10°C generalmente disminuye la velocidad de respiración de 2 a 3 veces y una caída brusca de temperatura de 30 a 0°C reduce la velocidad de respiración a 1/27 de lo que originalmente consume. Ésta temperatura va a depender del tipo de fruta, la permeabilidad del envase a utilizar y la tolerancia de la fruta a diferentes concentraciones gaseosas.

Durante la comercialización de los productos envasados en atmósferas modificadas, la temperatura debe permanecer constante para evitar los posibles daños. Fluctuaciones en la temperatura producen condensación de vapor de agua dentro del envase, modifican la permeabilidad del envase e incrementan la velocidad de respiración del producto.

La temperatura óptima para conservar las frutas depende de la composición gaseosa dentro del envase.

El CO<sub>2</sub> actúa como un agente bacteriostático y fungicida pero su actividad depende de la temperatura y es más efectivo a bajas que a altas temperaturas.

##### **b) Humedad relativa**

Los plásticos que se utilizan en las atmósferas modificadas son de baja permeabilidad al vapor de agua y por eso se acumula mucho agua dentro del envase produciendo un incremento en la humedad relativa.

Con humedades relativas altas existe una pérdida de peso y mantiene el producto firme por largos periodos de almacenamiento. La pérdida de humedad, con el consecuente marchitamiento y encogimiento es una de las formas más obvias por las que se deteriora la frescura de las frutas. Como el contenido de las frutas es de 80 a 90%, pierden humedad rápidamente cuando se encuentran a humedades relativas menores del 80 al 95%.<sup>6</sup>

### c) Luz

Son pocos los frutos que se ven afectados por la exposición a la luz.<sup>18</sup>

Las fresas tienen una vida útil muy corta después de ser cosechadas y a que están expuestas a una infección por un hongo gris *Botrytis cinerea*.

Las fresas generalmente se almacenan cerradas en contenedores perforados en la parte superior.

Dentro de éstos contenedores las fresas continúan respirando el aire atrapado hasta que la concentración de CO<sub>2</sub> rápidamente se acerca a un nivel de 10-15%, necesario para inhibir el crecimiento del *Botrytis cinerea*.

Dependiendo del estado en que se encuentre la fresa después de ser cosechada, el tiempo que se lleva en envasar y almacenarlo a su óptima temperatura, la infección *Botrytis* puede presentarse antes que la concentración de CO<sub>2</sub> haya alcanzado el nivel requerido para detener el crecimiento fúngico.

Una alternativa es inundar el envase con una mezcla conocida de gases para proveer directamente un almacenamiento con atmósferas modificadas y/o el uso de películas protectoras impermeables o selectivamente permeables para mantener el mejor medio ambiente de las fresas durante el mayor tiempo posible.

Generalmente la mezcla de gases va de un 5 a un 15% de CO<sub>2</sub>, de un 2 a un 5% de O<sub>2</sub> y el resto de N<sub>2</sub>.

Una elevada concentración de CO<sub>2</sub> en el envase generalmente aumenta durante las primeras 12 horas inhibiendo el crecimiento del *Botrytis cinerea*. La continua presencia de un elevado CO<sub>2</sub> en el medio ambiente disminuye el pH de la fruta.

Esto puede verse mejorado utilizando dos métodos:

1. El sistema de envasado por atmósferas modificadas (siendo sus siglas en inglés MAP: Modified Atmosphere Packaging), siendo éste un sistema de gases, en donde el O<sub>2</sub> es el gas dominante.
2. Una membrana semipermeable con facilidades de difusión a la humedad y a los gases, estableciendo un estado de equilibrio, en donde una vez optimizado retarda el deterioro de la fruta.<sup>12</sup>

Para lograr esto es importante conocer las características de los materiales de envase. (Ver capítulo 3, inciso 3.5).

## **1.8. Recomendaciones para mantener la calidad de las fresas después de ser cosechadas.**

### **□ Índice de madurez**

Se basa principalmente en el color de la superficie de la fresa, mínimo 50% o 75% de la fresa que esté roja.

### **□ Índice de calidad**

Apariencia (color, tamaño, forma, libre de defectos), firmeza, sabor (sólidos solubles, acidez titulable y compuestos volátiles) y valor nutricional (Vitamina C). Para un sabor aceptable el mínimo de sólidos solubles es del 7% y el máximo recomendable de acidez titulable es del 0.8%.

### **□ Temperatura óptima**

$0 \pm 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$  ( $32 \pm 1^\circ\text{F}$ )

### **□ Humedad relativa óptima**

90 a 95%

### **□ Velocidad de respiración**

El cuadro N° 4 muestra diferentes parámetros para mantener la calidad de las fresas. A diferentes temperaturas se tienen diferentes velocidades de respiración.

**Cuadro N° 4.** Parámetros para mantener la calidad de las fresas.

Temperatura	0°C (32°F)	10°C (50°F)	20°C (68°F)
ml CO <sub>2</sub> /kg*hr	6-10	25-50	50-100
Producción de etileno	-	-	<0.1 µl/C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /kg/hr

Mitchell, F.G., 1996<sup>20</sup>

Para calcular la producción de calor, multiplicar ml CO<sub>2</sub> / kg \* hr por 440 para obtener BTU / ton / día o por 122 para obtener kcal / ton métrica / día.

□ Respuesta al etileno

Las fresas no tienen respuesta al etileno haciendo una simulación del proceso de maduración (las fresas se cosechan muy cercanas a su total maduración). Retirando el etileno del aire en donde se almacenan las fresas puede reducir daños a los tejidos.

□ Respuesta al uso de atmósferas modificadas

En el envasado por atmósferas modificadas que se emplea para el embarque, se utiliza CO<sub>2</sub> de un 10 a un 15% para reducir el crecimiento del *Botrytis cinerea* (un hongo gris) y reduce la velocidad de respiración de las fresas al mismo tiempo aumentando la vida de anaquel después de la poscosecha.

□ Daños fisiológicos

Debido a su rápido consumo de mercado y sus periodos de almacenamiento cortos, los daños fisiológicos no causan daños graves a las fresas.

□ Daños patológicos

Éstos daños son la causa principal en la poscosecha originando pérdidas en las fresas. Después de la poscosecha no se utilizan funguicidas, por lo tanto se recomienda usar un enfriamiento a 0°C (32°F), previniendo así daños a las fresas y embarcarlas a altas concentraciones de CO<sub>2</sub> son los mejores métodos para controlar daños.

Otro daño es el que se origina por el microorganismo *Botrytis cinerea*, el cual es el causante de las grandes pérdidas en las fresas. Éste hongo continúa creciendo hasta los 0°C (32°F), pero a ésta temperatura el crecimiento es más lento.<sup>20</sup>

## **1.9. Ventajas de utilizar atmósferas modificadas en fresas**

Son muchas las ventajas al utilizar atmósferas modificadas que envases tradicionales. Con éste método se mantiene mucho mejor la calidad del producto, así como su frescura y reduce la merma de tantos frutos debido al inadecuado manejo pero sobre todo al inapropiado envase o a veces sin él. Reduce así mismo el tiempo de preparación de algún platillo en especial, ayuda a comprar solamente la cantidad necesaria, es más atractivo el envase, se ve lo que se está adquiriendo y esto refleja la total calidad del producto, mantiene al producto en perfectas condiciones hasta que se vaya a emplear, está más fresco, mantiene firme su textura, mantiene su valor nutricional y no requiere el uso de conservadores.

La clave para que un producto se mantenga fresco empleando atmósferas modificadas es el uso de un envase correcto en donde tenga un equilibrio deseable en su atmósfera modificada el cual se tiene que establecer cuando la velocidad del  $O_2$  y la transmisión de  $CO_2$  a través de la película iguale la velocidad de respiración del producto. <sup>4</sup>

Típicamente el equilibrio de atmósferas modificadas va de 3-10% en  $O_2$  y de 3-10% en  $CO_2$  los cuales pueden incrementar considerablemente la vida de anaquel de las frutas. <sup>1</sup>

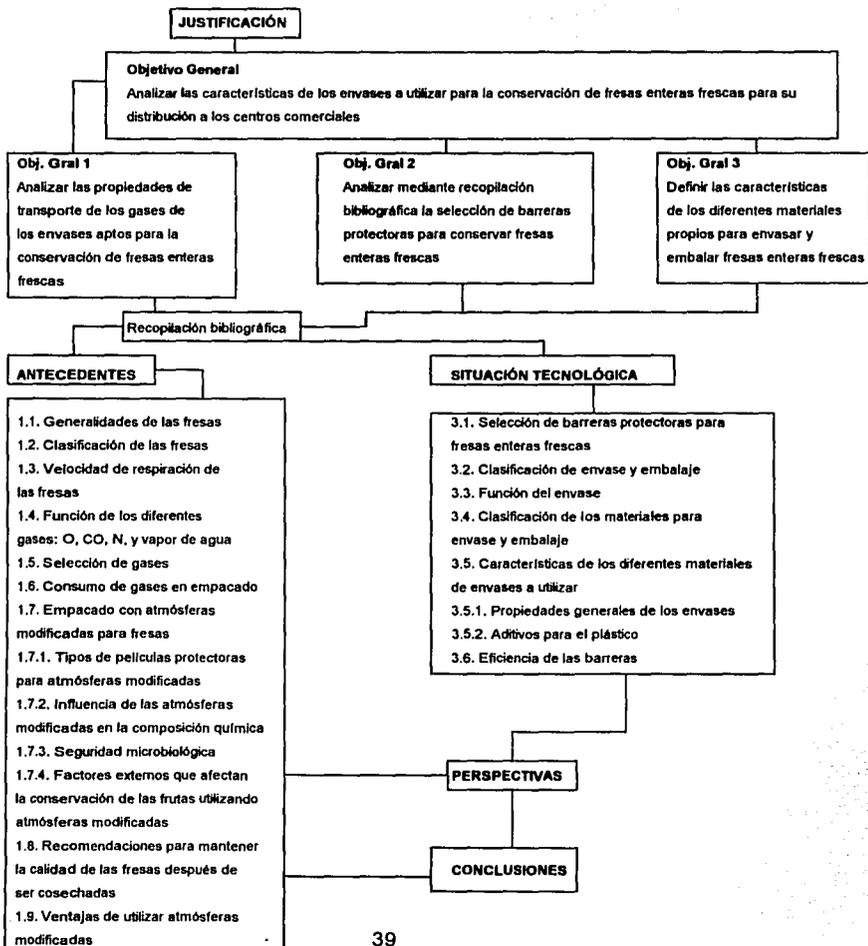
Otros beneficios de emplear MAP son:

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<p>Disminuye la velocidad de respiración y retarda la senescencia</p> <p>Alivia ciertos desordenes fisiológicos resultantes, como daño por frío.</p> <p>Afecta directa o indirectamente a los microorganismos patógenos poscosecha y consecuentemente incidir en la descomposición.</p> <p>Son herramientas útiles para el control de propagación de insectos.</p>	<p>Inician o agravan ciertos desórdenes fisiológicos (manchas color café).</p> <p>Sabores y olores desagradables a niveles muy bajos de O<sub>2</sub> como resultado de la respiración anaeróbica.</p> <p>Susceptibilidad a la descomposición cuando es dañado fisiológicamente el producto por concentraciones muy bajas o muy altas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> respectivamente.</p>

Para obtener los mejores beneficios al emplear atmósferas modificadas, es sellar el producto en aire o con flujo de gases con 3-10% de O<sub>2</sub>, 3-10% de CO<sub>2</sub> y de 80-90% de N<sub>2</sub>.<sup>22</sup>

# CAPITULO 2

## 2.1. Cuadro metodológico



## 2.2. Descripción del cuadro metodológico.

A continuación se describe la metodología seguida la cual nos ayudará a la selección de un envase plástico semirígido con perforaciones para conservar y distribuir a centros comerciales fresas enteras frescas.

Se partirá de la **importancia** que tiene el uso de un apropiado envase y embalaje, así como de sus funciones y características que nos ofrecen en general, ya que cada envase cambiará dependiendo el producto que se desee envasar, así como su destino, almacenamiento, distribución y finalmente el consumo.

Continuando con el seguimiento es importante el **justificar** el porque el uso de un envase, así como la susceptibilidad que presentan las fresas frescas, y el conocer también que el envasar alimentos es otro proceso de conservación.

Para cubrir el **objetivo general** el cual se refiere al análisis de las características de los envases a utilizar para la conservación de fresas enteras para su distribución a los centros comerciales, es importante analizar y definir los siguientes objetivos generales: para el **objetivo general 1** se tendrá que analizar las propiedades de transporte de los gases de los envases aptos para la conservación de fresas enteras frescas. En el **objetivo general 2** se tendrá que analizar la selección de barreras protectoras para conservar fresas enteras, finalmente en el **objetivo general 3**, se tendrá que definir las características de los materiales propios para envasar y embalar fresas enteras frescas.

Para cubrir cada objetivo general partiremos de una recopilación bibliográfica, que para el caso del objetivo general 1 y 2 empezaremos a describir los **antecedentes**, es decir, empezaremos describiendo las generalidades de las fresas, su clasificación, su velocidad de respiración, la función de los diferentes gases, como se seleccionan dichos gases, cual es el consumo de gases en el empacado, el uso de empacado con atmósferas modificadas, las recomendaciones a seguir para mantener la calidad de las fresas después de ser cosechadas y finalmente las ventajas que tiene el utilizar el sistema de atmósferas modificadas. Para el caso del objetivo general 3 describiremos la **situación tecnológica**, es decir, el diseño y selección de barreras protectoras para fresas enteras frescas, conocer la clasificación de envase y embalaje, la clasificación de los materiales para envase y embalaje, las características de los diferentes materiales de envase a utilizar, las propiedades generales de los envases, así como la eficiencia que presentan las barreras protectoras.

Finalmente se darán a conocer las **perspectivas y conclusiones**, las cuales nos sirvieron de apoyo para saber la importancia y justificación del objetivo general.

## **CAPÍTULO 3**

### **SITUACIÓN TECNOLÓGICA**

#### **3.1. Selección de barreras protectoras para fresas enteras frescas**

El diseño de envases y embalajes requiere una triple intervención, por una parte, la del Ingeniero en Alimentos, el cual dará a conocer las características que requiere el producto, es decir, como se va a comportar el producto dentro del envase, que material es el adecuado para alargar su vida de anaquel, a que lugares se va a distribuir y comercializar, como se va a transportar, la del diseñador industrial que deberá diseñar el nuevo envase de acuerdo con las indicaciones del Ingeniero en Alimentos y el consumidor, y, por otra, la intervención del diseñador gráfico que deberá procurar que el nuevo envase cumpla las funciones comunicacionales que la empresa requiere. El diseño aplicado al envase debe procurar que éste facilite la relación, la comunicación, entre producto y consumidor, y entre empresa y consumidor. La interrelación producto, empresa con consumidor se produce en tres escenarios que determinan la naturaleza y características comunicacionales, formales y físicas del envase. Estos tres escenarios son el punto de venta, el envase como vehículo publicitario y el momento del consumo del producto. Cada uno de estos tres escenarios exigirá que el envase tenga unas características determinadas. <sup>16, 26</sup>

Química y físicamente, cada producto tiene una serie de características que pueden reaccionar con las materias primas con las que se realiza el envase y que están en contacto directo con el producto envasado, igualmente tienen diferentes estados físicos que influyen en la permeabilidad y la migración del producto a través del envase.

La relación producto, material del envase y medio ambiente pueden interaccionar de dos formas diferentes: atmósfera interna-envase-atmósfera externa a través de la permeabilidad que permite que la atmósfera externa afecte al producto a partir de la poca impermeabilidad del envase. Igualmente, el producto puede atravesar las barreras físicas que le impone el contenedor, el envase, a través de la migración.<sup>16</sup>

El tipo de envase usado, dependerá del producto que se va a empacar, en este caso para las fresas puede ser por medio de MAP, o utilizando películas como polietileno de baja densidad, PVDC, polipropileno, polietileno, poliestireno, estos pueden tener microperforaciones, también en cartón corrugado, el cual contiene 12 mallas plásticas con capacidad de 250 g cada una. Son las presentaciones más comunes de envases que se pueden encontrar en los centros comerciales.

Un envase transparente es deseable para que el producto sea visible claramente al consumidor. Las películas con microperforaciones están diseñadas para controlar la transmisión de los gases, permitiéndole a las frutas que sigan respirando, eliminan la necesidad de hacer punsiones las cuales no son uniformes y no ofrecen un control en la permeabilidad que se requiere, alargan la vida de anaquel de las frutas, manteniéndose en condiciones aeróbicas controlables, y disminuye la aparición de olores y sabores no deseados.<sup>9, 29</sup>

Las imágenes que se muestran en el cuadro N° 5, muestran las películas plásticas más comunes que se encuentran en los centros comerciales para envasar fresas enteras, entre ellas están el polietileno, poliestireno y el cartón corrugado, el cual sirve como envase secundario para brindar una mayor protección.

**Cuadro N° 5. Películas plásticas más comunes para envasar fresas enteras.**



Envase de polietileno con  
microperforaciones

Capacidad: 450 g

Embalaje: pallets 40"x48" con  
108 cajas



Envase de polietileno con  
microperforaciones

Capacidad: 900 g

Embalaje: pallets 40"x48"  
con 120 cajas



Envase de poliestireno con  
microperforaciones

Capacidad: 250 g

Embalaje: Pallets 40"x48" con  
120 cajas



Envase de poliestireno con  
microperforaciones

Capacidad: 900 g

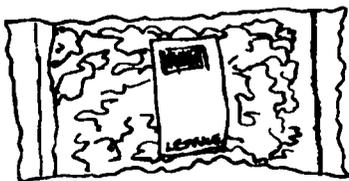
Embalaje: pallets 40"x48"  
con 120 cajas



Envase de poliestireno con  
microperforaciones  
Capacidad: 450 g  
Embalaje: pallets 40"x48" con  
120 cajas



Caja de cartón corrugado con 12  
mallas plásticas de 250 g c/u  
Embalaje: Pallets 40"x48" con  
120 cajas



**Figura N° 3.** Envase para atmósferas modificadas  
utilizado en frutas y vegetales. *Ashby, B.H., 1987*<sup>5</sup>

En la figura N° 3, se muestra la película plástica empleada para envasar frutas y vegetales frescos, generalmente se utiliza PVC, PVDC, PS, PP, HDPE, y LDPE.

Es muy conveniente cuando se transporta frutas que vengan en cajas del mismo tamaño para facilitar el manejo posterior una vez que lleguen a su destino.

Se recomiendan ciertas medidas para el embalaje. Estos contenedores forman parte del MUM, por sus siglas de inglés (Modularization, Unitization and Metrication), según la USDA.

La tarima más común es de 1000 x 1200 mm (40 x 48 in)

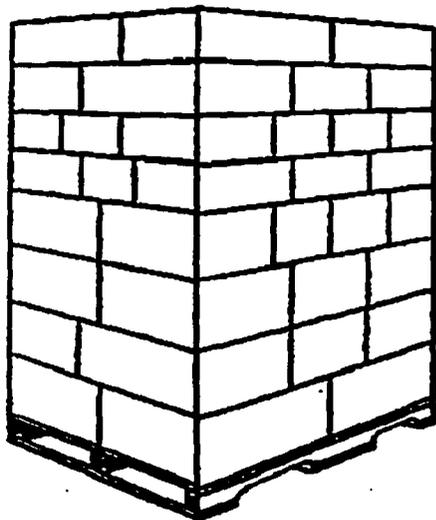
El cuadro N° 6 muestra las diferentes medidas de tarimas que pueden utilizarse para el embalaje de frutas y vegetales, dependiendo el fruto y destino del producto.

**Cuadro N° 6.** Medidas de tarimas a utilizar para el embalaje de frutas y vegetales.

mm	Dimensiones externas	Número de capas	Superficie de área utilizada por la tarima
	Pulgadas		Porcentaje
600 x 500	(23.62 x 19.69)	4	100
500 x 400	(19.68 x 15.75)	6	100
600 x 400	(23.62 x 15.75)	5	100
500 x 333	(19.68 x 13.11)	7	97
600 x 333	(23.62 x 13.11)	6	99
500 x 300	(19.68 x 11.81)	8	100
475 x 250	(18.70 x 9.84)	10	99
400 x 300	(15.75 x 11.81)	10	100
433 x 333	(17.01 x 13.11)	8	96
400 x 250	(15.74 x 9.84)	12	100

*Ashby, B.H. 1987<sup>5</sup>*

**Figura N° 4.** Ejemplo de una tarima con producto siguiendo la tabla MUM:



Ashby, B.H. 1987<sup>5</sup>

El cuadro N° 7 muestra el ordenamiento de una variedad muy amplia de contenedores siguiendo la tabla MUM, en una tarima estándar (1000 x 1200 mm o 40 x 48 in). La mayor parte de los distribuidores de fresas emplean este método para transportar su producto, con el fin de utilizar la tarima en un 100%, distribuyendo así la mayor parte de su producto. Con este acomodo se puede salvar espacio así como evitar el menor daño físico al producto que pueda sufrir durante el transporte y almacenamiento.<sup>19</sup>

**Cuadro N° 7. Ordenamiento de contenedores siguiendo la tabla MUM.**

<p>Dimensiones exteriores: 600 x 500 mm (23.62 x 19.69")</p> <p>Utilización de la tarima: 100%</p>		<p>Dimensiones exteriores: 500 x 400 mm (19.68 x 15.75")</p> <p>Utilización de la tarima: 100%</p>		<p>Dimensiones exteriores: 600 x 400 mm (23.62 x 15.75")</p> <p>Utilización de la tarima: 100%</p>	
<p>Dimensiones exteriores: 500 x 333 mm (19.68 x 13.11")</p> <p>Utilización de la tarima: 97%</p>		<p>Dimensiones exteriores: 600 x 333 mm (23.62 x 13.11")</p> <p>Utilización de la tarima: 99%</p>		<p>Dimensiones exteriores: 500 x 300 mm (19.68 x 11.81")</p> <p>Utilización de la tarima: 100%</p>	
<p>Dimensiones exteriores: 475 x 250 mm (18.62 x 9.84")</p> <p>Utilización de la tarima: 99%</p>		<p>Dimensiones exteriores: 400 x 300 mm (15.75 x 11.81")</p> <p>Utilización de la tarima: 100%</p>		<p>Dimensiones exteriores: 433 x 333 mm (17.01 x 13.11")</p> <p>435 x 330 mm (17.12 x 12.99")</p> <p>Utilización de la tarima: 96%</p>	

Dimensiones  
exteriores:

400 x 250

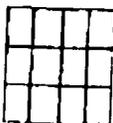
mm

(15.75 x

9.84")

Utilización  
de la tarima:

100%



Dimensiones

exteriores:

400 x 333

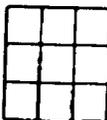
mm

(15.75 x

13.11")

Utilización  
de la tarima:

99%



McGregor, B. 1989<sup>19</sup>

### 3.2. Clasificación de envase y embalaje

El envase y embalaje se puede dividir de un modo general en industrial y comercial, así como por su origen.

- Por su origen

**Artículos naturales:** madera, papel (lámina de papel, cartón, papel procesado, papel japonés, papel de seda), paja, bambú, ixtle y yute.

**Artículos seminaturales:** celofán, acetato.

**Resinas sintéticas:** poliolefina (polietileno, polipropileno), cloruro de vinilo, poliéster, poliamida (nylon), alcohol polivinílico, cloruro de polivinilideno, policarbonato, tereftalato de polietileno (PET).

**Metales:** hojalata, aluminio, acero y acero inoxidable.

**Cerámica:** vidrio, porcelana

**Otros:** papel sintético, papel mezclado con pulpa sintética, artículos laminados.<sup>10</sup>

- Clasificación industrial

Se refiere al envase o embalaje para transporte y como parte relacionada con la distribución de materiales.

Su forma de envase puede ser interior o exterior.

Su función es el de ser un embalaje para el transporte. Es importante conservar la calidad del artículo envasado, siendo la reducción del costo total el factor más importante.

Los materiales principales pueden ser el cartón corrugado, materiales de madera para embalaje, materiales de tela para el embalaje, etc. <sup>8</sup>

□ Clasificación comercial

Su forma puede ser un envase individual o por cierta cantidad de producto (ya sean ciertos kilogramos o cierta cantidad de piezas).

Su función es el de ser un envase para evaluar el color del artículo, funciones que sirven para activar las ventas, manteniendo la calidad y elevando la eficiencia comercial.

Los materiales principales pueden ser vidrio, latas metálicas, materiales flexibles, cartón, plegadizos, envases de plástico, etc. <sup>8</sup>

### **3.3. Función del envase**

La función principal de un envase es la proteger y mantener la calidad de un producto durante el almacenamiento y comercialización.

La función principal de un embalaje es la de unitarizar cargas.

Las principales funciones de todo envase son: protección de la mercancía, resistencia física del envase, garantía de estabilidad, economía, higiene, comercialidad, comodidad y operatividad. Como lo muestra el cuadro N° 8, es muy importante considerar tanto las funciones de un envase como las consideraciones que debe de tener cada función. <sup>8</sup>

En cuanto al embalaje industrial, es prioritaria la función protectora así como el factor económico, el factor higiene y su comercialidad. <sup>8</sup>

Con respecto al envase comercial , sus funciones son:

- ❖ Contener un alimento, ayudándonos así a transportarlo de un lugar a otro.
- ❖ Proteger el alimento de acciones físicas, químicas ya sean propias del alimento o inferidas por el medio ambiente, y microbiológicas.
- ❖ Conservar la calidad y seguridad del alimento (modificar condiciones internas del producto como gases).
- ❖ Evitar adulteraciones
- ❖ Acondicionar el producto para la manipulación comercial.
- ❖ Presentar e identificar el producto.
- ❖ Informar al consumidor de las características del alimento, la manera de cómo tiene que consumirlo (fecha de caducidad, fecha de elaboración, código de barras, ingredientes. <sup>29</sup>

Los requerimientos que debe cumplir un envase son:

- ❖ Proteger el alimento de agentes externos
- ❖ Compatibilidad envase-alimento
- ❖ Funcionalidad (adecuación a las necesidades del consumidor)
- ❖ Adaptación a la línea de envasado
- ❖ Disponibilidad en el mercado
- ❖ Debe de adecuarse a la normalización técnica y a la legislación
- ❖ Posibilidad de comunicar una información al consumidor
- ❖ Compatibilidad medio ambiental
- ❖ Precio adecuado.<sup>29</sup>

**Cuadro No. 8. Funciones de los envases**

<b>FUNCIÓN</b>	<b>CONSIDERACIONES</b>
Protectora	Barrera a los gases, humedad, preservación del aroma, y protección contra los rayos del sol, y agentes atmosféricos.
Estabilidad	Protección contra agentes químicos, el calor, el frío, la congelación, la radiación, altas temperaturas, el aceite y el agua.
Resistencia física	Resistencia a la tracción, al estiramiento, al desgarre, a la fatiga por flexión, al corte, al rozamiento, a la punción y a la compresión.
Contener	Diseño: dimensiones y forma, resistencia, facilidad de manejo y transporte.
Operatividad del envase (actitud-	Hermeticidad, deslizamiento, dotado

maquinaria)	de elasticidad, protección contra electricidad estática, a prueba de contracción térmica, estabilidad de las medidas, a prueba de rizado, obturación con sustancias heterogéneas, aptitud de adhesión.
Comodidad	Portabilidad, fácil de abrir y cerrar, unidad de distribución, apto para impresión, manejable, susceptible de reutilización.
Factor económico	Precio unitario, productividad, racionalización del envase, carga y descarga, transporte, normalización, almacenamiento, sistematización, envase adecuado.
Higiene	Protección contra entrada de objetos extraños, olores desagradables, contaminación por microorganismos, contra posible descomposición, aprueba de cambios de olor, seguridad, control de reglamentación, protección contra posible falsificación
Comercialidad	Aptos para buena rotulación, grado de suavidad, transparencia, lustre, efecto de coloración, grado de blancura, forma de estructura, moda, fácil de distinguir, que sea agradable.
Aspecto social	Apto para el proceso residual (reciclaje), suministro estable de recursos, reducción de recursos y energía.

### **3.4. Características que presentan algunos materiales de envase y embalaje.**

**Polietileno:** se produce a partir del etileno que es un derivado del petróleo o del gas natural. El etileno es un gas que es sometido a un reactor a un proceso de polimerización, es decir la formación de largas cadenas que conforman la estructura del plástico. <sup>27</sup>

Es un material que interviene prácticamente en todos aquellos complejos de varias capas que conforman envases con cierre hermético. El polietileno permite la incorporación de aditivos para cambiar su aspecto (coloreado, blanco y opaco) y para mejorar su maquinabilidad. <sup>8</sup>

Es de bajo costo, presenta una buena barrera a la humedad y baja para el oxígeno. <sup>32</sup>

Es muy versátil, excelente aislante eléctrico, transparente, opaco o colores atractivos, resiste bajas temperaturas, son higiénicos y seguros, excelente barrera a la humedad. <sup>27</sup>

Existen distintas variedades del polietileno dependiendo de su aplicación final. Pero dos son las formas más conocidas en el mundo: el Polietileno de Alta Densidad y el Polietileno de Baja Densidad. <sup>27</sup>

**Polietileno de Alta Densidad (PEAD):** es un termoplástico fabricado a partir del etileno. Es muy versátil y se le puede transformar de diversas formas: inyección, soplado, extrusión y rotomoldeo. Es resistente a las bajas temperaturas, irrompible, liviano, impermeable, inerte al contenido y no es tóxico. Se usa generalmente en envases para detergentes, shampoo, bolsas para supermercados, bebidas gaseosas, agua potable, etc. <sup>27</sup>

**Poliétileno de Baja Densidad (PEBD):** se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD, es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: inyección, extrusión, soplado y rotomoldeo. No es tóxico, es flexible, liviano, transparente, inerte al contenido, impermeable y económico. Se usa generalmente en bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, también para leche, agua, y se usa como base para pañales desechables. <sup>27</sup>

**Polipropileno (PP):** es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. Es el termoplástico de más baja densidad. Es un plástico de elevada rigidez, alta cristalinidad, elevado punto de fusión y excelente resistencia química. Se transforma por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado. Las propiedades más importantes son alta impermeabilidad al vapor de agua, grasas y aceites, alta resistencia a la humedad y el frío, conservando sus características mecánicas hasta una temperatura de 30°C., alta estabilidad térmica que permite los procesos de esterilización, impermeabilidad a los gases, termosoldable y con buena transparencia y un brillo elevado que le permite resaltar la impresión. (Ref. 13) Es resistente a altas temperaturas hasta 135°C, es liviano, no es tóxico. Se usa en películas para frituras, cigarros, chicles, golosinas, hilos, tapas en general, jeringas desechables, envases para helados y margarinas, etc. <sup>27</sup>

**Poliéster (CPET):** entre sus propiedades destacan, buena impermeabilidad al vapor de agua, buena resistencia a las grasas, disolventes orgánicos y ácidos minerales, excelente resistencia mecánica y estabilidad dimensional, buena transparencia y brillo superficial, buena resistencia a altas temperaturas, buen impermeabilidad a los gases y los aromas, excelente calidad de impresión con tintas adecuadas. <sup>8</sup>

**Poliétileno de tereftalato (PET):** se produce a partir del ácido tereftálico y etilenglicol, por policondensación. Ofrece una buena barrera a los gases, es transparente, irrompible, liviano, impermeable, no es tóxico y es inerte al contenido. Se emplea generalmente para bebidas gaseosas, agua mineral, envases varios de mayonesa, salsas, bolsas para horno, bandejas para microondas, licores, productos farmacéuticos, cintas de video y audio, etc.<sup>27</sup>

**Cloruro de polivinilo (PVC):** se produce a partir de dos materias primas naturales: petróleo o gas 43% y sal común 57%. Su versatilidad le permite obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen desde productos rígidos hasta productos totalmente flexibles y se pueden transformar por inyección, extrusión y soplado. Es liviano, resistente a la intemperie y a la corrosión, transparente, no es tóxico, es inerte al contenido, tiene buenas propiedades de permeabilidad, tiene buena resistencia al impacto, buena relación costo-beneficio, no es atacado por bacterias, hongos e insectos. Se usa generalmente en botellas para agua y jugos, frascos, películas para golosinas, etc.<sup>27</sup>

**Poliestireno (PS):** es un derivado de los hidrocarburos (petróleo crudo o gas natural). Primero se produce el monómero de estireno a partir del benceno y del etileno. El monómero de estireno es posteriormente polimerizado para obtener el poliestireno. Casi todo el poliestireno que se produce se fabrica por medio de procesos de polimerización. Existen dos tipos principales de poliestireno:

1. **Poliestireno Cristal:** es un polímero de estireno monómero derivado del petróleo, cristalino, de alto brillo y rígido. También llamado poliestireno de uso general **GPPS**.
2. **Poliestireno de Alto Impacto: HIPS,** es un polímero de estireno monómero con partículas de caucho, lo que le confiere que sea resistente al impacto y que sean translúcidos.<sup>27</sup>

Son fácilmente moldeables a través de procesos como inyección, extrusión, soplado y termoformado. Es liviano y resistente al agua, su óptima estabilidad dimensional, dureza y rigidez son algunas de las razones por las que este material es habitualmente elegido para envases de alimentos, ya que permite conservarlos frescos y con muy buen aspecto por más tiempo y disminuir el uso de conservadores. Es muy común verlo en botes para lácteos (yogurt, quesos, dulces, etc) como en bandejas para diferentes usos. Se usa en locales de comida rápida. Su cristalinidad y brillo realzan la apariencia de los productos dentro del envase.<sup>27</sup>

### **3.5. Características de los diferentes materiales de envase a utilizar**

Los materiales plásticos consumen cerca del 4% del petróleo que se consume en el mundo, y de esta cantidad los envases y embalajes absorben cerca del 1.5%. La mayor parte del petróleo, un 86%, se destina para usos industriales, energía para transporte y calefacción.

La cantidad de energía que se necesita para producir plástico es relativamente pequeña, comparada con otros materiales. El costo de producir acero es tres veces superior y si nos referimos al aluminio se eleva a nueve veces el costo de fabricar el mismo volumen de polietileno.

La temperatura es un parámetro esencial en la transformación de los plásticos y su papel aparece bien claro cuando se examinan los diversos estados que puede adoptar un polímero.

Los materiales plásticos destinados a envases y embalajes deben presentar las siguientes características:

- ❖ **Baja densidad:** supone bajo peso específico y ello implica costos razonables para el transporte y distribución.
- ❖ **Flexibilidad:** soportan grandes esfuerzos sin llegar a la fractura, recobrando algunos sus dimensiones originales.
- ❖ **Resistencia a la fatiga:** algunos plásticos resisten esfuerzos dinámicos severos.
- ❖ **Bajo coeficiente de fricción:** eliminando el uso de lubricantes en determinadas aplicaciones.
- ❖ **Baja conductividad térmica:** que puede ser positivo a la hora de controlar las variaciones de las temperaturas exteriores.
- ❖ **Resistencia a la corrosión:** producida por la humedad, oxígeno, ácidos débiles o soluciones salinas.
- ❖ **Resistencia al impacto:** especialmente cuando se le ha mejorado con la incorporación de determinados aditivos.

- ❖ **Propiedades ópticas:** existen plásticos transparentes, translúcidos y opacos, que se obtienen mediante la adición de pigmentos y colorantes.
- ❖ **Integración del diseño:** los procesos de producción del plástico permiten una gran versatilidad.
- ❖ **Economía:** la materia prima necesaria para su fabricación es relativamente barata.
- ❖ **Higiene:** un diseño adecuado en cuanto a materias primas y hermeticidad lo convierten en altamente higiénico.
- ❖ **Seguridad:** no suele plantear problemas de cortes u otras lesiones para el consumidor.

Sin embargo, no todo son ventajas. También presentan inconvenientes como son:

- ❖ **Baja resistencia a temperaturas elevadas:** pudiendo llegar a fundir o deformar el material, con la consiguiente pérdida de propiedades.
- ❖ **Baja resistencia a los rayos UV y a la intemperie:** circunstancia que se atenúa incorporando aditivos específicos para mejorar la protección.
- ❖ **Deterioros en la superficie:** la mayoría de los termoplásticos pueden rayarse con objetos duros.
- ❖ **Resistencia variable a la abrasión:** dependiendo de las condiciones de uso.
- ❖ **Inflamabilidad:** todos los plásticos cambian sus dimensiones debido a cambios de temperatura.
- ❖ **Deformación térmica:** los plásticos cambian sus dimensiones debido a cambios de temperatura.
- ❖ **Orientación:** las moléculas de los plásticos tienden a alinearse en la dirección en que fluye el material durante el proceso de fabricación.

### **3.5.1. Propiedades generales de los envases**

A efectos de conservación del alimento, es interesante conocer del envase las siguientes propiedades:

- 1. Mecánicas**
- 2. Ópticas**
- 3. Permeabilidad**
- 4. Inercia química**

#### **1. Mecánicas**

- Resistencia a la abrasión: mayor o menor facilidad de un material a ser afectado por una acción mecánica como frotamiento, rascado o erosión. Esta da lugar a un desgaste de la superficie del material traduciéndose, en el caso de los plásticos, en una alteración importante de las propiedades ópticas.
- Resistencia a la tracción: es la fuerza necesaria para romper una determinada superficie de un material plástico, ejercida en el sentido de alargar el material. Esta propiedad está estrechamente relacionada con la de alargamiento o ruptura.
- Elongación a la rotura: es la capacidad de algunos materiales de alargarse cuando se ven sometidos a un esfuerzo de tracción entre sus dos extremos. Da idea de la resistencia a la perforación, ya que un ligero alargamiento del film sirve para repartir el esfuerzo ejercido en un punto y ofrecer mayor resistencia a los objetos punzantes.
- Resistencia al desgarro: se define como la fuerza necesaria para romper un material sometido a tracción en direcciones opuestas.
- Resistencia al estallido: es una prueba representativa de la resistencia a la ruptura; se realiza aplicando una determinada presión, a través de un diafragma de caucho, sobre la película a probar.

- Resistencia a la flexión: es la capacidad que tiene un material de recuperar de nuevo su estructura, tras haber sido doblado un número de veces, y en un ángulo determinado.
- Resistencia al impacto: es la fuerza que es capaz de desarrollar un material para contrarrestar la caída de un objeto de un peso determinado sobre él antes de romperse.
- Resistencia a la perforación: es índice de la resistencia que ofrece un material plástico a ser desgarrado en un punto de su superficie. Está relacionada con la prueba de elongación a la rotura.

## **2. Ópticas**

- Brillo: es la propiedad de algunos materiales plásticos de reflejar la luz que incide sobre ellos.
- Transparencia: es la variación del ángulo que una luz incidente sufre al pasar a través de un material plástico transparente. Este valor da idea de las impurezas que existen en el material.
- Turbidez: puede denominarse también, por oposición, opacidad y es el porcentaje de luz transmitida que ha pasado a través de un plástico transparente.

## **3. Permeabilidad**

- Permeabilidad a los gases.
- Permeabilidad al vapor de agua.
- Permeabilidad a las radiaciones ultravioletas.
- Permeabilidad a las radiaciones infrarrojas.
- Otros factores (espesor de la película, diferencia de presión, volumen, etc).

#### 4. Inercia química

- **Migración:** es importante que se verifiquen cotidianamente los frutos envasados durante el periodo de comercialización, ya que se debe evitar una contaminación organoléptica y microbiológica.
- **Absorción:** los envases no deberán extraer del alimento, durante el periodo de comercialización, constituyentes del mismo en cantidades que desvirtúen su calidad alimenticia, dando lugar a su alteración. Es el fenómeno inverso a la migración.

Los riesgos y amenazas que puede soportar el plástico son, básicamente:

- **ESFUERZOS MECÁNICOS:** producidos, fundamentalmente durante el transporte y su correspondiente manipulación. Las características de deformación son importantes en envases plásticos, sobre todo cuando se someten a cargas estáticas durante un tiempo prolongado. También se pueden sufrir deformaciones por elevadas presiones internas producidas por alguna reacción química (pasteurización) o por la naturaleza del producto envasado (bebidas carbonatadas).
- **HUMEDAD:** es uno de los factores climáticos más importantes y relevantes para una amplia gama de productos. Algunos productos necesitan un grado de humedad constante, otros reaccionan con el agua (degradación, corrosión), y otros (vidrio y cerámica) no sufren cambios con la humedad.
- **VAPORES ORGÁNICOS:** la función de barrera del envase frente a la penetración de vapores compuestos orgánicos es importante cuando se tienen que evitar cambios de sabor u olor y si se envasan sustancias volátiles. Son frecuentes los cambios de sabor u olor en productos con gran superficie, y son debidos a una oxidación de los componentes organolépticos o bien a una absorción de olores extraños.

- **OXIDACIÓN:** los procesos de oxidación se pueden considerar los cambios químicos más importantes que ocurren durante el almacenamiento de productos, especialmente alimentos. El oxígeno atmosférico actúa en la mayor parte de los procesos de oxidación de alimentos, por lo tanto se debe asegurar una protección con un envase que reduzca el acceso de oxígeno.
- **RADIACIÓN:** (gamma, ultravioleta, rayos-X, visible, infrarroja) puede tener efectos inmediatos, favorables y desfavorables, en numerosos productos envasados, especialmente alimentos y medicinas. Algunas radiaciones se utilizan en la esterilización de productos ya envasados, para los que se utilizan plásticos especiales. La luz solar, sin embargo, produce graves efectos de oxidación.
- **MICROORGANISMOS:** es la mayor causa de deterioro de los alimentos. El envase puede actuar como barrera al exterior o puede contener sustancias con efectos bactericidas, previniendo riesgos de contaminación.

Los factores de influencia que actúan sobre el plástico son:

- Costo (debe ser bajo, ya que en muchos casos será utilizado una sola vez).
- Durabilidad (dependiendo del tiempo de vida del producto).
- Proceso (que el material se pueda procesar a la mayor velocidad posible).
- Resistencia mecánica (conservación de la forma y resistencia a esfuerzos estáticos a lo largo del tiempo).
- Rigidez (materiales que aguanten esfuerzos mecánicos, evitando que dañen al producto).
- Propiedades de barrera (que eviten degradaciones del producto envasado y lo aislen, ayudando a su conservación).
- Soldabilidad (que diferirá según los procesos de soldadura y los materiales que deben soldarse).

- Imprimabilidad (que permita la impresión o, en caso contrario, recurrir a un laminado).
- Propiedades ópticas (en muchos casos, conviene que el producto se vea, por lo que el factor transparencia será muy apreciado).
- Propiedades mecánicas (tracción, flexión, compresión, impacto, abrasión, rasgado, inflamabilidad, termosellado, etc).<sup>8</sup>

### **3.5.2. Aditivos para el plástico**

Muchos de los polímeros empleados como materiales de envase y embalaje no existirían si no hubiera una amplia gama de productos químicos que se añaden, en muy pequeñas cantidades, a los plásticos para conseguir modificar alguna propiedad. A estos productos se les llama aditivos.

Los aditivos ayudan a la protección del contenido del envase. Cuando el contenido en un envase tiene una cierta inestabilidad a las radiaciones UV de la luz solar, por ejemplo, debe evitarse que estas radiaciones atraviesen las paredes del envase. Esto puede conseguirse mediante la adición de cargas y pigmentos haciendo el plástico totalmente opaco, mediante la adición de absorbentes UV o las combinaciones de ambos.

Los distintos tipos de aditivos que se pueden usar en la industria del envase y embalaje son:

**ANTIESTÁTICOS:** son aditivos de naturaleza orgánica que, añadidos a los plásticos, incrementan la conductividad superficial disminuyendo las cargas electrostáticas.

**BLANQUEANTES ÓPTICOS:** se emplean en los plásticos para mejorar su color inicial, obtener un envase más blanco y aumentar su brillo en otros negros o pigmentados.

**CARGAS Y REFUERZOS:** son aditivos sólidos que se añaden a los plásticos para modificar sus propiedades. Se usan para reducir el costo del envase y aporta mejora de algunas propiedades mecánicas.

**ESTABILIZANTES DE PROCESO:** se utilizan para estabilizar un polímero frente a la degradación térmica y/o proceso. Todos los plásticos se estabilizan con antioxidantes a excepción del PVC que son básicamente captadores de cloro que se libera cuando se degrada el plástico.

**ESTABILIZANTES A LA LUZ:** la radiación ultravioleta es la causante de la degradación de los plásticos. Además de la radiación UV, la temperatura, la humedad y la contaminación también deben ser tomados en cuenta.

**LUBRICANTES:** facilitan el procesado de los plásticos, mejorando las propiedades de flujo y reduciendo la adherencia de los elementos fundidos a las partes de la maquinaria. Ofrecen propiedades antibloque (antiapelmazantes).

**NUCLEANTES:** reflejan propiedades físico-mecánicas, o sea, mayor transparencia y menor fragilidad).

**PLASTIFICANTES:** confieren características de flexibilidad, extensibilidad y procesabilidad. Mejoran el aspecto y brillo de las superficies, reducen la capacidad de cargarse electrostáticamente, reducen la fricción.

Muchos materiales que se usan para el envasado, como las películas plásticas, están compuestas de dos o más tipos de materiales combinados dentro de una sola película. Pueden usarse aisladamente o como cubiertas sobre charolas termomoldeadas de poliestireno. Las unidades del producto en un envase deben ser comparables en peso, tamaño y madurez.

Algunos envases contienen una sola unidad de producto, por ejemplo, una lechuga, una cabeza de coliflor, mientras que otros hay unidades del producto que se encierran en un solo envase como por ejemplo coles de bruselas, zanahorias, etc. <sup>29</sup>

Hasta ahora, la legislación que cubre los materiales plásticos en contacto con los alimentos sólo incluye los monómeros y sustancias de partida empleadas en la fabricación de los polímeros. Muchos de los aditivos de plásticos permitidos tienen algunas restricciones de límites de migración específica. Los aditivos y otros polímeros añadidos al material plástico para modificar sus propiedades, generalmente, incrementan la permeabilidad. <sup>11</sup>

### 3.6. Eficiencia de las barreras

Existen tres bases para definir la eficiencia del material de las barreras: volumen del material, costo del material y costo en el producto terminado.

*La eficiencia del volumen* es simplemente la permeabilidad estándar, es el mantener el espesor normalizado y permanente, es decir, que no tenga cambios.

*La eficiencia en el costo del material* aquí el costo se basa en la eficiencia del volumen, es decir, el costo por unidad de peso o masa.

*La eficiencia del costo en el lugar* es el costo del material fabricado hasta obtener la forma final deseada del envase, listo para ser usado como envase. <sup>6</sup>

Para establecer para cada uno de éstos parámetros se tienen que comparar diferentes sistemas de barrera en cuanto a la permeabilidad, densidad, precio de mercado del material y el costo de convertir estos materiales en envases ya terminados, así como la transmisión de vapor de agua, que como lo muestra el cuadro N° 9, varía a diferentes espesores con cierta humedad relativa y cierta temperatura, según lo cita Kader, Zagory y Kerbel (1989), así mismo es de suma importancia considerar la permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono de las películas plásticas, el cual varía dependiendo el tipo de película a utilizar para envasar productos frescos, según lo muestra el cuadro N° 10. <sup>5</sup>

La relación entre éstas variables se expresa como una constante:

$$C * Q = 1/1000 A' (SG * 0.0361)c [ PA, \Delta p/L ]$$

Donde:

C = costo del material por unidad de área (\$ / A)

Q = cantidad del permeante ( $m^3$ )

L = espesor (m)

A', A = área de barrera ( $m^2$ ), área de permeación ( $m^2$ )

SG = gravedad específica (equivalente a la densidad en ( $kg / m^3$ ))

0.0361 = densidad del agua ( $kg / m^3$ )

c = costo de la materia prima (\$)

P = permeabilidad ( $m^3 \cdot m / m^2 \cdot s \cdot Pa$ )

t = tiempo transcurrido (s)

$\Delta_p$  = diferencia de presión (Pa). <sup>6</sup>

**Cuadro No. 9.** Transmisión de vapor de agua de varias películas plásticas utilizadas para alimentos, a 90% de humedad relativa y 37.8°C (100°F), a dos diferentes espesores.

Plástico	g/mm/100 in <sup>2</sup> /día	g/20µm/m <sup>2</sup> /día
PCTFE	0.0012	0.024
PVDC barrera protectora	0.02	0.41
PVDC	0.09	1.8
PP	0.25	4.9
HDPE	0.30	5.9
MDPE	0.7	13.8
PVC	0.9	18
LDPE	1.0	19.7
MXD6 orientado	1.2	24
EVOH	1.4	28
PET	1.8	35
PETG	3.9	77
Resina de nitrilo	4.0	79
PS	7.1	140
Nylon 6 biaxialmente orientado	10	197
Nylon amorfo	10	197
Policarbonato	11	216
Nylon 6 orientado	15	295
Etil celulosa	20	400
Acetato de celulosa	75	1480

*Kader, Zagory and Kerbel, 1989<sup>o</sup>*

**Cuadro No. 10.** Permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono de algunas películas plásticas para envasar productos frescos.

Tipo de película	Permeabilidades (cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /mm/día a 1 atm)		CO <sub>2</sub> :O <sub>2</sub> Relación
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	
Poliétileno de baja densidad	7,700-77,000	3,900-13,000	2.0-5.9
Cloruro de polivinilo	4,263-8,138	620-2,248	3.6-6.9
Polipropileno	7,700-21,000	1,300-6,400	3.3-5.9
Poliestireno	10,000-26,000	2,600-7,700	3.4-3.8
Saran	52-150	8-26	5.8-6.5
Poliéster	180-390	52-130	3.0-3.5

McGregor, B. 1989 <sup>10</sup>

## **CONCLUSIONES**

El principal propósito de envasar fresas es para protegerlas de daños externos, mantener su calidad, alargando así su vida de anaquel, la cual se controla por tres factores principalmente: características del producto (como velocidad de respiración), propiedades (temperatura a la cual se conserva mejor la fruta) y condiciones de almacenamiento y distribución de cada envase.

El control de la temperatura y consumo de gases son probablemente los factores más importantes a considerar para mantener la calidad del producto, ya que de no mantenerse en los niveles óptimos se tendría una acelerada velocidad de respiración y por ende el deterioro de las fresas, es decir, la aceleración de la senescencia.

Hay que tomar en cuenta otros factores como los aspectos sensoriales los cuales básicamente son la apariencia, textura, sabor y aroma. Los consumidores reconocen rápidamente cuando existe la descomposición de los productos. Cuando los colores son brillantes los apetece con mayor frecuencia el consumidor.

Entre el movimiento de los gases, uno de los más importantes es el de vapor de agua, debido a que si no se elige una película con la permeabilidad adecuada puede provocar la condensación y crear condiciones adversas para mantener la calidad del producto. Una película plástica con microperforaciones permite que el producto respire ( $O_2$ ) y despidas gases ( $CO_2$ ) a través de éstas.

Existen diferentes películas plásticas con diferentes permeabilidades para las cuales se tienen que seleccionar gases ya sea que se inyecten o que se tenga un equilibrio de dichos gases debido a que después de cosechadas las frutas siguen respirando y transpirando.

El principal objetivo del sistema de atmósferas modificadas que se emplea para frutas frescas es el de crear un equilibrio dentro de la atmósfera del envase con porcentajes bajos de oxígeno y porcentajes altos de dióxido de carbono suficientes para que sean benéficos al producto y no causen daños.

El número y tipo de barreras protectoras que se encuentran disponibles para envasar alimentos es muy amplia aunque son relativamente pocas las que se utilizan para la conservación y distribución de fresas enteras.

Las más comunes son: PVDC, polietileno, polipropileno, EVOH y poliestireno. Estos polímeros presentan un rango muy amplio de permeabilidad con lo cual cubre más necesidades en el tipo de barreras protectoras desde una permeabilidad muy reducida hasta una permeabilidad muy alta.

Sus beneficios son que estos envases se utilizan con bastante frecuencia en frutos que toleran altas concentraciones de  $\text{CO}_2$  sin presentar daños físicos, como es el caso de las fresas, ya que se reduce el crecimiento microbiano e imparte firmeza.

Otro punto importante es que los consumidores prefieren ver el producto fresco antes de comprarlo. Es por eso que los envases necesitan ser transparentes. La condensación del agua dentro del envase impide ver claramente el producto.

La función principal en este caso de utilizar un envase para fresas es el de disminuir su velocidad de respiración, retardar la senescencia y alargar la vida de anaquel, así como protegerlas de acciones físicas, químicas, ya sean propias del alimento o inferidas por el medio ambiente, y microbiológicas, conservar la calidad y seguridad del alimento, acondicionar el producto para la manipulación comercial, ya que esta fruta muchas veces se exporta y es básico que vaya protegida al cien por ciento, como sería el caso de utilizar un envase plástico semirígido con perforaciones.

El tipo de envase a utilizar, dependerá del producto que se va a empaquetar, en este caso para las fresas puede ser por medio de MAP, o utilizando películas como polietileno de baja densidad, PVDC, polipropileno, polietileno, poliestireno, estos pueden tener microperforaciones, también en cajas de cartón corrugado.

Algunos de los puntos más importantes a considerar en cuanto a las características de los diferentes materiales propios para envasar y embalar fresas serían la resistencia al impacto, flexibilidad, calidad, higiene, economía, transparencia, permeabilidad a los gases, durabilidad y procesabilidad, aunque dependiendo el producto y su destino, se mezclarían las diferentes características.

## GLOSARIO

**Adsorción:** la sorción implica el contacto que se establece entre una fase fluida libre (gas o líquido) con una fase de macropartícula rígida y permeante, que tiene la propiedad de tomar y almacenar en forma selectiva una o más especies de soluto contenidos originalmente en el fluido. Los adsorbentes son materiales naturales o sintéticos de estructura microcristalina, cuyas superficies porosas internas son accesibles para la combinación selectiva de sólidos y solutos. Por lo general, las fuerzas de atracción son más débiles y menos específicas que las de los enlaces químicos, en donde, la adsorción es en general análoga a una condensación de moléculas gaseosas o a la cristalización partiendo de un líquido. Su acción selectiva es más pronunciada en una capa monomolecular adyacente a la superficie sólida, pero en ocasiones, la selectividad persiste a espesores y alturas de 3 o 4 moléculas. La capacidad de adsorción de un sólido hacia un soluto tiende a aumentar con la concentración de la fase fluida del soluto.

25

**Absorción:** la absorción de gases es una operación unitaria en la cual se disuelven en un líquido uno o más componentes solubles de una mezcla de gases. Puede ser un fenómeno puramente físico o incluir la disolución del material en el líquido, seguida por una reacción con uno o más constituyentes en la solución líquida.<sup>25</sup>

**Difusión:** es el movimiento de una sustancia hacia otra sustancia. La humedad se difunde a través del aire, el oxígeno se difunde a través del agua y los compuestos químicos a través de solventes. Es cuando dos o más gases diferentes normalmente se mezclan por completo en una forma uniforme cuando se ponen en contacto entre sí.<sup>30</sup>

La difusión depende de la geometría del sistema, es decir la forma del envase.<sup>6</sup>

**Permeabilidad:** la palabra "permeabilidad" es ampliamente usada en la literatura técnica, aunque no es exactamente definida. En cuanto a transferencia de masa se refiere, la permeabilidad es generalmente considerada como la masa del producto transferida por unidad de tiempo, área y fuerza de movimiento. Si ésta fuerza de movimiento es una diferencia de concentraciones o de presiones parciales, la transferencia de masa se debe a la difusión. Si la fuerza de movimiento es una diferencia de las presiones totales, la transferencia de masa resultante es un flujo. <sup>6</sup>

La permeabilidad depende de varios factores: naturaleza del polímero, naturaleza del gas, temperatura y presión.

Si se considera un material polimérico envasado, se debe recalcar que ése material está hecho de una red de cadenas de macromoléculas e intersticios. El movimiento térmico de las cadenas o de sus grupos terminales, provocan cavidades, las cuales pueden ser ocupadas o atravesadas por la sustancia en difusión, provocando la existencia de un gradiente de concentraciones o una diferencia de presiones. La difusión depende del número y dimensiones de las cavidades. Una energía de activación es necesaria para difundir las moléculas a través de la membrana polimérica. <sup>29</sup>

En general, las películas más comúnmente usadas por su alta permeabilidad al O<sub>2</sub> incluyen al LDPE, PVC, y al EVA. Medir o predecir su permeabilidad a través de los agujeros hechos es muy difícil debido a los cambios de presión que pueden afectar marcadamente el flujo de masa que se da debido a los agujeros. Las perforaciones pueden aumentar considerablemente las permeabilidad pero son muy insensibles a los cambios de temperatura. Actualmente muchas películas están patentadas por lo que es difícil predecir su composición y obtener determinaciones exactas de la permeabilidad. <sup>6</sup>

**Compuestos aromáticos:** son moléculas orgánicas formados de una estructura muy compleja y son de largo tamaño. Sus concentraciones generalmente se miden en partes por millón (ppm). Los compuestos aromáticos se disuelven y difunden en los las películas plásticas. Los compuestos de sabor y aroma siguen los mismos principios de solución y difusión como lo hacen los gases y líquidos en cuanto a la permeabilidad de películas plásticas, pero tanto sabores como aromas interactúan más fuerte con los plásticos, así es que sus coeficientes de solubilidad y difusión se ven más afectados por la concentración o la presión. En algunas frutas que son muy aromáticas y que se envasan en determinadas películas plásticas existe una pérdida de aromas y sabores por la adsorción dentro del envase o por la permeabilidad. No existen barreras específicas para retener los compuestos aromáticos. <sup>6</sup>

**Barrera:** es un material que impide la transferencia de una sustancia o gases dentro o fuera del producto. <sup>6</sup>

**Sistema de barrera:** es una combinación de materiales, como coextruidos o laminados de dos o más materiales. <sup>6</sup>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A. Lloyd Ryall, M.S., W.T. Pentzer, M.S. (1982). *Handling, transportation and storage of fruits and vegetables*. Second edition. Westport, Connecticut. AVI Publishing, Inc.
2. A.G. Fikiin et al. (1999). Equivalent thermophysical properties and surface heat transfer coefficient of fruit layers in trays during cooling. *Journal of Food Engineering* 40. Sofia, Bulgaria. Elsevier.
3. Ames, G., Born, H. (2000). Strawberries: Organic and IPM options. ATTRA Technical Specialists. [www.organic](http://www.organicandipm.org) and ipm options.htm.
4. Anderson, J. (2001). *Consumer perceptions on modified atmosphere packaging*. Food Development Division. Agriculture Development Branch. Agriculture Canada. Sir John Carling Building. Ottawa. [www. Food savory/vol1n2.htm](http://www.foodsavory/vol1n2.htm).
5. Ashby, B.H. (1987). *Protecting perishable foods during transport by truck*. USDA, Office of transportation, Agricultural, Handbook N° 669. Washington, D.C
6. Barrier Design. Chapter 8.
7. Common standards of quality for strawberries.
8. Cruz, P.E. Flores, B.R. (1987). *Tecnología moderna para el envase de alimentos y otros productos*. Panorama plástico. México.

9. CVP Fresh Vac produce and fruit bags. (2001). [www.prodbags](http://www.prodbags) y cosas interesantes.htm
10. Dr. Arjona, J. (2001). *Procedimiento de fabricación de materiales blandos*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Cuautitlán Izcalli, México.
11. D.H. Watson, M.N. Meah . (1993). *Revisiones sobre ciencia y tecnología de los alimentos. Volumen II. Migración de sustancias químicas desde el envase al alimento*. Zaragoza, España . Acribia.
12. D. Stewart. y J. Oparka. et al. (2000). *Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on soft fruit quality*. Plant Biochemistry and phytochemistry.
13. *Embalajes tecnológicos para extender la vida útil de*. (1999). [www.conaplat.com.ar/info.htm](http://www.conaplat.com.ar/info.htm)
14. *Enciclopedia de las ciencias*. (1982). Volumen 6. Cumbre. México, D.F.
15. Food Science Australia Fact sheet. (1994). [www.active](http://www.active) packaging. htm.
16. Iváñez, G. (2000). *La gestión del diseño en la empresa*. España, Madrid. McGrawhill.
17. Maquita, 2001. Envases flexibles.
18. M. Mathouthi. (1994). *Food packaging and preservation*. Blackie academic and professional. Capitulo 8: Packaging of fruits and vegetables: recent results. Primera Edición . London.

19. McGregor, B. (1989). *Tropical products transport handbook*. USDA, Office of transportation, Agricultural Handbook Number 66. Washington, D.C.
20. Mitchell, F.G., y E. Mitcham. (1996). *Handling strawberries for fresh market*. University of California. Agricultural Natural Resources. Special publication, 2442. Oakland, CA. [www.strawberry produce facts, respiration rate.htm](http://www.strawberryproducefacts.com/respiration_rate.htm).
21. M.D. Boyette, D.C. Sanders, G.A. Rutledge . (2001). *Packaging requeriments for fresh fruits and vegetables*. The North Carolina Agricultural Extension Service. North Carolina State University. Department of Agricultural. [www.packaging requeriments.htm](http://www.packagingrequeriments.htm).
22. *Packaging material with the correct permeability must be chosen for successful MAP of fresh produce*. Fruits and vegetables-MAPAX. (2000). [www.aga.com/-web/Web2000/com/WPPcom.nsf/pages/FDB\\_FruitMAPAX](http://www.aga.com/-web/Web2000/com/WPPcom.nsf/pages/FDB_FruitMAPAX).
23. PARRY, R.T. (1993)
24. Petersen, K., Bertelsen, G., et al. (1999). *Potential of biobased materials for food packaging*. Food Science & Technology. Elsevier Science Ltd. Department of Biotechnology, Technical University of Denmark, Denmark.
25. Perry. Biblioteca del Ingeniero químico. Volumen IV.
26. Ph.D. Devon, Zagory. (1998). *An Update On Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce*. Packaging International 117. Davis Fresh Technologies.
27. *Plásticos y medio ambiente*. (1999). Plastivida. [www.plastivida.com](http://www.plastivida.com)

28. *Procedimiento de fabricación de materiales blandos*. Capítulo 6. Copias del Dr. Arjona.

29. San Román, S.A. (1997). Tesis: *Atmósferas modificadas una alternativa para la conservación de frutas y hortalizas frescas*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. México.

30. Seese, W.S., William. D.G. (1989). *Química*. Quinta edición. México. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.

31. T. Hagan, Alan. (1999). Food Grade Packaging. <http://waltonfeed.com/>

32. Zambrano, L. *Interacción envase-producto y vida útil*. (2001). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Cuautitlán Izcalli, México.