

## **CAPÍTULO IV REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Películas comestibles**

Cuando un empaque como una película, una lámina o una capa fina es una parte integral del alimento con el cual es consumida, entonces se le llama "empaque comestible" (Debeaufort et al., 1998), en la mayoría de los casos los empaques comestibles son considerados como aditivos y no como ingredientes.

#### **4.1.1 Función de las películas comestibles**

La aplicación de cubiertas y películas comestibles para la extensión de la vida de anaquel tanto en productos frescos como procesados, pareciera ser nueva, sin embargo data de muchos años atrás. En china en el siglo XII se usaron películas de cera para retardar la desecación de productos y algunas veces para favorecer la fermentación. En Estados Unidos se utilizaron parafinas para cubrir frutas cítricas y retardar la pérdida de humedad. (Baldwin et al., 1995) La aplicación más importante de las películas comestibles es hasta ahora el uso de una emulsión hecha de ceras y aceites en agua, que fue rociada en frutas para mejorar su apariencia, brillo, color, suavidad, controlar su madurez y retardar la pérdida de agua. (Debeaufort et al., 1998)

El uso de estas películas comestibles es numeroso, diferentes autores han reportado diversas propiedades como la reducción de pérdida de humedad, restricción de entrada de oxígeno, disminución de

---

la respiración, retardo de producción de etileno y acarreamiento de aditivos que retardan la decoloración y crecimiento microbiano (Baldwin 1995; Ghaouth, 1991), retardo de ganancia de sólidos y mayor pérdida de humedad en deshidratación osmótica. (Cortez, 1998)

Debido a que estas películas son tanto componentes del alimento como empaques del mismo, deben reunir algunos requisitos (McHugh y Krochta, 1994):

- Buenas cualidades sensoriales
- Alta eficiencia mecánica y de barrera
- Suficiente estabilidad bioquímica, fisicoquímica y microbiana
- No tóxicas
- Tecnología simple
- No contaminantes
- Bajos costos de materiales y procesos

La aplicación de películas comestibles a los alimentos frescos proporciona muchas ventajas en cuanto a la interacción de ellos con el medio que los rodea. En la tabla 1 se mencionan algunas de las funciones que desempeñan las películas comestibles aplicadas a alimentos frescos.

---

---

**Tabla 1.** Funciones y propiedades de las películas comestibles.

---

- Reducir la pérdida de humedad
- Reducir el transporte de gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>)
- Reducir la migración de grasa y aceites
- Reducir el transporte de solutos
- Mejorar las propiedades mecánicas de los alimentos
- Proveer una mayor integridad a los alimentos
- Retener compuestos volátiles
- Contener aditivos

---

Fuente: Kester y Fennema, 1986.

#### **4.1.1.1 Modificación de atmósferas internas**

Las películas comestibles pueden afectar la velocidad de respiración y la pérdida de agua en los vegetales. Algunas de las ceras recientes han demostrado reducir la permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono, resultando en una disminución interna de oxígeno y un aumento interno de dióxido de carbono (Nisperos-Carriedo et al., 1990; Smock, 1935). La alta respiración, producción de etileno y pérdida de humedad que resultan del procesamiento pueden ser reducidas teóricamente mediante la aplicación de una membrana semipermeable como lo son las cubiertas comestibles. (Baldwin et al., 1995)

Idealmente las películas comestibles retrasarían la pérdida de volátiles deseables de sabor y vapor de agua, mientras restringen el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono,

---

creando así una atmósfera modificada. Sin embargo, las atmósferas modificadas creadas por las cubiertas no deben causar respiración anaeróbica, lo que puede resultar en olores desagradables y crecimiento de microbios anaeróbicos. Por supuesto que en realidad, lo anterior es difícil de alcanzar. (Baldwin et al., 1995)

#### **4.1.2 Componentes de las películas alimenticias**

Las propiedades que ofrecen las películas dependen de los componentes con los cuáles estén elaboradas. Krotcha et al. (1994) clasifica los componentes de las películas y cubiertas en tres categorías: hidrocoloides, lípidos y mezclas. Los hidrocoloides incluyen proteínas, derivados de celulosa, alginatos, pectinas, almidones y otros polisacáridos. Los lípidos incluyen ceras, acilgliceroles y ácidos grasos. Las mezclas contienen componentes lipídicos e hidrocoloides; una película compuesta puede existir como una bicapa (una capa hidrocoloide y otra lipídica) o como un aglomerado.

##### **4.1.2.1 Hidrocoloides**

Éstas películas tienen la propiedad de servir de barrera al oxígeno, dióxido de carbono y lípidos. La mayoría de éstas tienen propiedades mecánicas deseables. Los hidrocoloides usados para películas o cubiertas pueden ser clasificados de acuerdo a su composición, carga molecular y solubilidad en agua. De acuerdo a su composición se dividen en:

*Carbohidratos:* incluyendo almidones y gomas de plantas (alginatos, pectinas y goma arábica) y almidones químicamente modificados, derivados de celulosa, quitosano, entre otros. A continuación se presenta una tabla de formulaciones de películas con base de carbohidratos.

**Tabla 2.** Formulación y características de películas con base de carbohidratos

Composición		Solubilidad en Agua		Barrera contra agua	Característica de la película
1a Etapa	2a Etapa	Fría	Caliente		
Carboximetilcelulosa 1-3%, agua		+	-	Suficiente	Flexible, suave, transparente, sin olor
Maltodextrina (3) 3-10%, agua		+	+	Pobre	Flexible, sin olor, sin color, suave, transparente
Alginato de sodio 2%, glicerol 20%, agua	CaCl <sub>2</sub> 4%, agua	-		Pobre	Flexible, sin olor, sin color, suave, transparente
Goma arábica 20- 30%, Glicerol 5- 10%, agua		+	+	Pobre	Flexible, sin olor, sin color, suave, transparente
Películas multicomponente: A (20%) en B (80%)					Poco flexible, suave, opaca, olor y sabor a cera
A: cera de carnuba 20%, ac. Palmítico y esteárico 40%; etanol 40%		+	+	Bueno	

B: caseína 10%,  
 NaOH (pH 8),  
 glicerol 5-7%, agua  
                   ó  
 gelatina 20%,  
 glicerol 5-7%, agua

Fuente: Guilbert (1986)

*Proteínas:* incluyendo gelatina, caseína, proteína de soya, proteínas de suero, gluten de trigo y zeínas. La carga de éstos puede ser usada para la formación de la misma. Los alginatos y pectinas requieren la adición de iones polivalentes, normalmente calcio. Estos al igual que las proteínas son susceptibles cambios de pH por su carga. Sin embargo las películas de hidrocoloides tienen una pobre resistencia al agua por su naturaleza hidrofílica. Algunos que son moderadamente solubles en agua, son etilcelulosa, gluten de trigo y zeína que proveen mayor resistencia al vapor de agua que los hidrocoloides solubles en agua.

En la tabla siguiente se presentan algunas formulaciones y características de películas con base de proteínas.

**Tabla 3.** Formulación y características de películas con base de proteínas

Composición		Solubilidad en Agua		Barrera contra agua	Característica de la película
1a Etapa	2a Etapa	Fría	Caliente		
Gelatina 20%, glicerol 0-10%, agua		-	+	Pobre	Flexible, suave, transparente, sin olor y sabor.

Caseína 10%, NaOH (pH 8), glicerol 5-10%, agua	CaCl <sub>2</sub> 20%	-	+	Pobre	Igual, pero un poco salada y amarga después de probarla.
	Acido Láctico 50%	-	+	Suficiente	Igual, pero ácida después de probarla
	Acido Tánico 20%	+	-	Suficiente	Suave, transparente, café, astringente después de probarla
		+	+	Pobre	Flexible, suave, transparente, sin olor sabor lácteo después de probarla
	CaCl <sub>2</sub> 20%	+	+	Pobre	Igual, pero poco amarga después de probarla
	Acido Láctico 30%	-	-	Suficiente	Flexible, poco rugosa, opaca, sabor ácido residual
	Acido Tánico 20%	+	+	Suficiente	Suve, transparente, café, astringente después de probarla

Zeina 1-2%, etanol 55-80%, agua	-	-	Buena	Flexible, superficie granulenta, opaca, amarilla
Aislado de soya 10%, glicerol 5%, agua	-	+	Pobre	Flexible, suave, transparente, clara

Fuente: Guilbert (1986)

#### 4.1.2.2 Lípidos

Son frecuentemente usados como barrera para el vapor de agua o para dar brillo a las cubiertas de confitería. Las ceras son comúnmente usadas para cubrir frutas y vegetales, para retardar la respiración y disminuir la pérdida de humedad. A continuación se presenta una tabla con formulaciones de películas con base de lípidos.

#### 4.1.2.3 Mezclas

Mezclas. Estas películas pueden ser formuladas para combinar las ventajas de los componentes lipídicos e hidrocoloides y disminuir las desventajas de cada uno.

#### 4.1.3 Formación de la película

Cuando un polímero está siendo aplicado a una superficie o matriz, existen dos fuerzas, una entre las moléculas formadoras de la película, llamada cohesión y otra entre la película y el sustrato, llamada



adhesión. Sólo polímeros de gran tamaño, debido a su cohesividad y su capacidad de coalescencia, producen estructuras de película cuando son acarreadas y depositadas por los disolventes adecuados. (Guilbert y Biquet, 1986)

#### **4.1.3.1 Plastificantes**

Los plastificantes son compuestos de baja volatilidad (Kester, 1986) añadidos a las películas con el fin de reducir la fragilidad, incrementar la flexibilidad, dureza y resistencia al corte, ya que disminuyen las fuerzas intramoleculares de las cadenas del polímero, produciendo así un decremento en la fuerza de cohesión, en la tensión y en la temperatura de transición vítrea. El uso de un plastificante ya sea hidrofílico o hidrofóbico, producirá una película con características similares.

Los plastificantes comúnmente utilizados en alimentos incluyen: mono-, di- y oligosacáridos (glucosa, jarabes y miel principalmente), polioles (sorbitol glicerol, polietilen glicoles y derivados) y lípidos y derivados como ácidos grasos (monogliceridos, surfactantes y derivados de éster).

##### **4.1.3.1.1 Acido Oleico**

El aceite de oliva es un compuesto complejo constituido por ácidos grasos, vitaminas, componentes solubles en agua y pequeños trozos de oliva. Los ácidos grasos primarios del aceite de oliva son el ácido oleico y el linoléico. El ácido oleico es monoinsaturado y es el componente del aceite de oliva en un 55 a 85%, su fórmula es  $(C_{17}H_{35}COOH)$ . El ácido linoléico constituye

---

aproximadamente en un 9% al aceite de oliva y el linolénico en solo el 1.5%. (Diaz, 2003)

El ácido oleico es obtenido a partir de la oliva, el fruto del árbol de olivo, ya sea de forma mecánica o física. El aceite de oliva no sufre ningún tratamiento a excepción del lavado, decantado, centrifugación y filtrado. (Diaz, 2003). La siguiente tabla muestra algunas propiedades del ácido oleico.

**Tabla 4.** Características del ácido oleico

<b>Ácido Oléico</b>	
Uso funcional en alimentos	Aditivo de grado alimenticio, agente antiespumante, lubricante y atador
<b>Requerimientos</b>	
Valor Ácido	Entre 196 y 204
Metales pesados (Pb)	No más de 10 mg/kg
Valor de Yodo	Entre 83 y 103
Valor de saponificación	Entre 196 y 206
Punto de solidificación	No superior a 10°
Materia insaponificable	No más al 10%
Agua	No mayor al 0.4%

Fuente: Food Chemicals Codex

#### 4.1.4 Aditivos

Los aditivos alimentarios pueden ser definidos como cualquier sustancia que añadida a un alimento, se convierte en un componente del mismo o transforma sus características (Frazier, 1978). La

incorporación de aditivos a las películas comestibles es para proporcionar estabilidad y resistencia. La adición de conservadores en las películas logra un mayor control microbiano.

El uso de aditivos se da con el fin de impartir diferentes propiedades a las películas; de tipo mecánico, nutricionales y organolépticas. Para estos puntos, se pueden agregar agentes antimicrobianos, ácidos orgánicos, ácido ascórbico, antioxidantes, colorantes, saborizantes, y otros componentes nutritivos. (Guilbert 1986) Algunos ejemplos son:

- a) Plastificantes. Alcoholes polhídricos, ceras, aceites; para impartir flexibilidad y elongación (Baldwin, 1995).
- b) Surfactantes y emulsificantes. Grasas y aceites, emulsificantes y polietilenglicol; reducen la actividad de las películas y la velocidad de pérdida de humedad en el producto (Baldwin, 1995).
- c) Conservadores químicos. Ácido benzóico, benzoato de sodio, ácido sórbico, sorbato de potasio y ácido propiónico; el problema es que su efectividad respecto al tiempo es limitada debido a que migra hacia el alimento (Baldwin, 1995).

#### **4.1.5 Resistencia de las películas comestibles**

Donhowe y Fennema (1994) enuncian que la expresión resistencia puede ser utilizada para describir la habilidad de un material para funcionar como barrera permeable. Esta expresión también se utiliza para describir las propiedades de barrera de membranas

---

cuticulares de plantas, animales, lípidos de insectos y ocasionalmente otras barreras homogéneas. La resistencia a la transferencia de vapor de agua a través de una película esta expresado por:

$$resistencia = \frac{W_i - W_a}{J} = s \cdot m^{-1}$$

Donde:

$W_i$  = concentración de vapor de agua saturado. (g vapor de agua/m<sup>3</sup>)

$W_a$  = concentración de vapor de agua en condiciones de prueba o experimentales. (g vapor de agua/m<sup>3</sup>)

$J$  = flujo de agua de vapor (g / m<sup>2</sup> s.)

El uso de la resistencia es especialmente apropiado para películas con composición homogénea .

#### 4.1.6 Aplicación de las películas comestibles en alimentos

Las ceras son uno de los recubrimientos que mas se ha usado para películas de frutas, como el limón, naranja, toronja, manzana, pera, cereza, mango y plátano (Baldwin, 1994). Las ceras y los aceites son barreras contra el agua y previenen la pérdida de peso. El deterioro puede ser retardado cuando se incorporan agentes antimicrobianos en la película, como por ejemplo las películas de quitosano producen la enzima quitinasa que actúa como un agente antifúngico natural (El Ghaouth et al, 1991).

La siguiente tabla presenta un resumen de diferentes aplicaciones de alimentos recubiertos con películas comestibles.

**Tabla 5.** Aplicaciones de películas comestibles

Propósito	Aplicaciones

---

Proteger contra humedad y oxígeno	Pescado fresco, quesos, carne y derivados, alimentos secos y de humedad intermedia, botanas.
Retardar el crecimiento microbiano externo	Alimentos de humedad intermedia.
Controlar el balance de humedad dentro de un alimento heterogéneo	Pays, pizzas, pasteles, sandwiches, alimentos congelados.
Mejora las propiedades mecánicas de un alimento que va a ser procesado	Cacahuates, camarones, jaibas, botanas, etc.
Mejora la integridad estructural	Carne reestructurada, alimentos liofilizados.
Restringir la migración de humedad	Alimentos batidos, horneados y congelados.
Mejorar la apariencia	Productos de confitería, nueces, frutas de humedad intermedia, botanas.
Impartir o mejorar sabor, color y palatabilidad	Alimentos diversos.
Contener porciones para disolver después	Nutrientes, aditivos, enzimas, sopas deshidratadas, té o café instantáneo, sazonadores y edulcorantes.

---

Fuente: Modificado de Guilbert, 1996.

#### 4.1.7 Películas de quitosano

La quitina es uno de los polisacáridos más abundantes sobre la tierra, está ampliamente distribuida en la naturaleza, como por ejemplo en invertebrados marinos, insectos, hongos y levaduras. Es un polímero formado principalmente por unidades repetidas de beta (1-4) 2-acetoamido-2-deoxi-D-glucosa (N-etilglucosamina). Su estructura es

similar a la de la celulosa con excepción de que los grupos hidroxil en la posición 2 han sido reemplazados por grupos acetilamino (Sánchez, 1998).

El quitosano es la forma desacetilada de la quitina, el cual es soluble en soluciones ácidas (Shahidi et al., 1999). Está formado por unidades repetidas de beta (1-4) 2-amino-2-deoxi-D-glucosa (D-glucosamina).

Muzzarelli (1986), afirma que la quitina y el quitosano han sido utilizados exitosamente como envolturas en alimentos. Las películas de quitosano son resistentes, durables, flexibles y difíciles de romper (Butler et al., 1996).

#### **4.1.7.1 Proceso de obtención del quitosano**

El proceso de obtención del quitosano consiste en una serie de lavados alcalinos, ácidos y con suficiente agua. Existen dos factores principales que determinan la calidad del quitosano: el grado de desacetilación (entre mayor sea éste, mayor será la calidad) y la viscosidad estándar, la cual refleja el peso molecular (Sánchez, 1998). En la figura 2 el proceso de obtención del quitosano.

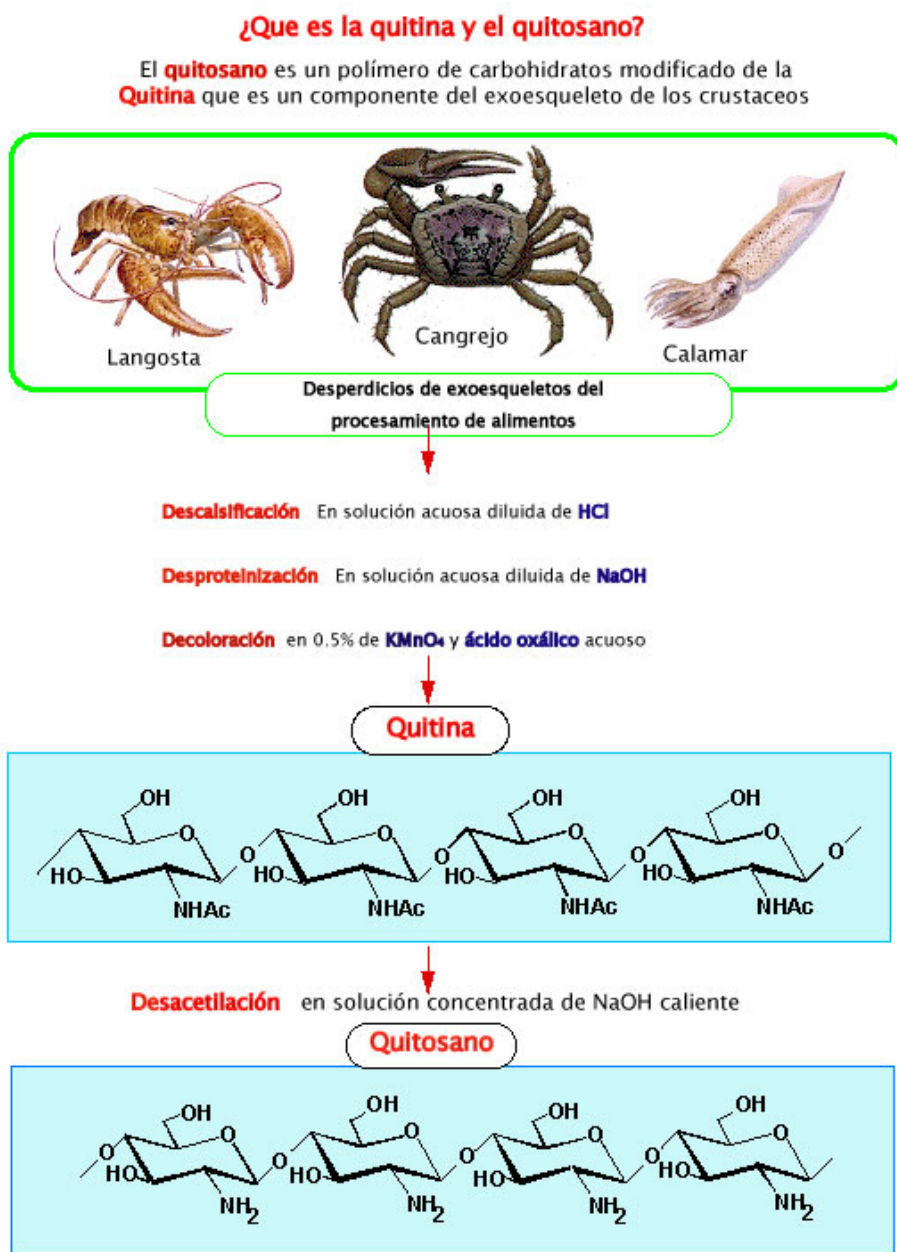
#### **4.1.7.2 Calidad de las películas de quitosano**

Los dos factores principales que determinan la calidad del quitosano son:

1. El grado de desacetilación (DDA, (degree of deacetylation)). Este valor es determinado por el número de pasos

involucrados en la hidrólisis. Con la primer hidrólisis se obtiene un DDA de 80%, con la segunda hidrólisis se obtiene aproximadamente 95% y la tercera 98%.

2. La viscosidad estándar, que refleja su peso molecular.



**Fig. 2** Proceso de obtención de la quitina y el quitosano

Fuente: (Han, 2002).

#### **4.1.7.3 Función de las películas de quitosano**

Algunas funciones de las películas de quitosano en la industria son las siguientes (Shahidi et al., 1999):

- Controlar la transferencia de humedad entre el alimento y el medio circundante
- Controlar la liberación de sustancias antimicrobianas
- Controlar la liberación de antioxidantes
- Controlar la liberación de nutrimentos, sabores y drogas
- Reducir la presión parcial de oxígeno
- Controlar la velocidad de respiración
- Controlar la temperatura
- Controlar el oscurecimiento enzimático en frutas
- Membranas de ósmosis inversa
- Floculación
- Liberación controlada, entre otras.

#### **4.2 Productos mínimamente procesados**

Recientemente la demanda de frutas y hortalizas mínimamente procesadas ha crecido debido a los ocupados estilos de vida, aumento del poder adquisitivo y la preocupación acerca de la salud de los consumidores. El procesamiento mínimo o ligero, se refiere al cortado, pelado, seccionado,

---



rebanado y/o escaldado de frutas y hortalizas. De acuerdo a algunos reportes, se estima que del 25 al 80% de las frutas y hortalizas frescas se pierden debido a daños (Wills et al., 1991) Dicho desperdicio en el caso de productos mínimamente procesados se debe al deterioro por cambios fisiológicos que ocurren en el tejido recién herido. En general, éstos productos tienen una muy reducida vida de anaquel. (Baldwin et al., 1995)

#### **4.2.1 Fisiología vegetal**

Los cambios en la composición de frutas y hortalizas pueden disminuir su valor nutritivo y calidad en general. Éstos productos siguen fisiológicamente activos después de la cosecha por lo que es necesario el control de los procesos respiratorios y enzimáticos para prevenir el desarrollo de cambios indeseables. (Salunke et al., 1974)

#### **4.2.2 Daño del tejido**

El daño del tejido vegetal debido al manejo y procesamiento conduce a algunos mecanismos de defensa de las plantas tales como el aumento en la producción de etileno (Hoffman et al., 1982; MacLeod et al., 1976) y la producción de metabolitos secundarios (Bell, 1981). Los daños mecánicos pueden inducir un cambio marcado en la expresión de genes. Algunos de los cambios producidos por las heridas están regulados por el etileno, mientras que otros no (Henstrand et al., 1987). La herida del tejido también resulta en el rompimiento de las paredes celulares lo que permite la mezcla de enzimas y sustratos produciendo reacciones enzimáticas indeseables (como ejemplos: con la polifenol oxidasa y compuestos fenólicos producen melaninas, lipoxigenasas y lipasas, con los lípidos de la

---

membrana producen hidroperóxidos y radicales de ácidos grasos), salida de iones y otros componentes celulares y pérdida de humedad, por lo tanto, turgor. Lo anterior también provee un medio para el crecimiento de microorganismos. (Brackett, 1987)

### **4.2.3 Respiración**

La velocidad de respiración de frutas y hortalizas se mide ya sea como oxígeno consumido, dióxido de carbono producido o ambos. La mayor parte de la energía requerida por las frutas y hortalizas se obtiene mediante respiración aeróbica. (Baldwin et al., 1995)

Durante la respiración, la glucosa se convierte en piruvato, el cual eventualmente se metaboliza a dióxido de carbono, vía el ciclo del ácido tricarboxílico. Si el oxígeno es limitante, lo que algunas veces ocurre en algunos empaques, cubiertas y condiciones de almacenamiento, este tejido puede experimentar respiración anaeróbica. En este caso la glucosa se convierte a piruvato, el cual se metaboliza ya sea a ácido láctico o a acetaldehído y etanol (fermentación). (Wills et al., 1981). La prolongación de la respiración anaeróbica puede conducir al deterioro del producto debido al desarrollo de malos olores y envejecimiento acelerado. (Baldwin et al., 1995)

El uso de películas comestibles, especialmente en combinación con empaques de plástico impermeables o semipermeables, puede reducir la respiración y por lo tanto

---

prolongar la vida de anaquel del producto. Cuando los tejidos de frutas u hortalizas experimentan niveles ambientales de oxígeno menores a 8%, disminuirán la producción de etileno y niveles de dióxido de carbono mayores al 5% prevendrán o retrasarán muchas respuestas del tejido vegetal al etileno, como es la maduración. Se requiere un mínimo de 1% a 3% de oxígeno para prevenir la respiración anaeróbica. (Kader, 1986). Un aumento en la velocidad de respiración ocurre a temperaturas altas de almacenamiento; bajas temperaturas (por encima del punto de congelación), regularmente disminuyen la respiración. En otras palabras, una cubierta y/o empaque de plástico que produzcan una atmósfera modificada apropiada para un producto almacenado a baja temperatura, puede causar condiciones anaeróbicas si el producto experimenta una temperatura elevada por un período de tiempo prolongado. (Baldwin et al., 1995)

#### **4.2.4 Técnicas de almacenamiento**

##### **4.2.4.1 Atmósferas controladas y atmósferas modificadas**

Los ambientes con atmósferas controladas pueden ser regulados en cuartos especiales para almacenamiento de productos y las atmósferas modificadas pueden ser creadas mediante el uso selectivo de empaques de plástico semipermeables, o en la atmósfera interna de tejidos vegetales recubiertos con películas comestibles. Durante el almacenamiento con atmósferas modificadas mediante una barrera semipermeable, la respiración

vegetal causa una disminución de oxígeno y aumento de dióxido de carbono. En el almacenamiento con atmósferas controladas, niveles específicos de gases son monitoreados y regulados, sin importar la respiración vegetal. Sin embargo los niveles de oxígeno en ambas no debe bajar al punto de extinción en que se inicie la respiración anaeróbica, dichas reacciones pueden resultar en malos olores, maduración anormal y deterioro. (Kader, 1986)

Los niveles de oxígeno que causan las reacciones anaeróbicas varían dependiendo del alimento y se ven afectadas por la permeabilidad del empaque, patrones de respiración, heridas del tejido, temperatura de almacenamiento, así como el tipo y grosor de la cubierta aplicada. Ambos tipos de atmósferas (modificadas y controladas), con concentraciones bajas de oxígeno y altas de dióxido de carbono, disminuyen la respiración y retardan la producción de etileno. (Kader, 1986)

Para efectuar el envasado en atmósfera modificada, debe seleccionarse una película polimérica con características de permeabilidad adecuadas. El empleo de películas de diferente permeabilidad dará lugar a la formación de atmósferas de equilibrio distintas y por tanto la evolución de los frutos también será diferente. La envoltura individual de los frutos con una película retráctil conforma una segunda lámina externa de protección y una microatmósfera alrededor del fruto. Esta barrera evita la

---

pérdida de humedad, protege frente a la propagación de podredumbres y mejora las condiciones higiénicas en la manipulación.

#### **4.2.4.2 Temperatura de almacenamiento**

Las bajas temperaturas de almacenamiento son el factor más importante para prologar la vida de anaquel de productos agrícolas. El almacenamiento de 4 a 15°C disminuye la respiración, retarda la producción de etileno y maduración y usualmente disminuye el crecimiento microbiano. En algunos casos las bajas temperaturas pueden resultar en daño por frío de algunos productos tropicales y subtropicales. (Baldwin et al., 1995)