

7



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

“ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS”  
“ANÁLISIS DE LA SELECCIÓN DE UNA PELÍCULA  
PLÁSTICA PARA ENVASAR PAN BLANCO  
EN ATMÓSFERA MODIFICADA”

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A :

ALMA ARELI NEGRETE

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ASESOR: M. en C. MA. DE LA LUZ ZAMBRANO ZARAGOZA



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 MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

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

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

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

"Envaso y Embalaje de Alimentos"

"Análisis de la selección de una película plástica para envasar pan blanco  
en atmósfera modificada"

que presenta la pasante: Alva Areli Negrete

con número de cuenta 9452204-8 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 16 de Mayo de 2001

MODULO

PROFESOR

FIRMA

I M. en C. Ma. de la Luz Zambrano Zaragoza

I Dr. José Luis Arjona Román

II I.B.Q. Jaime Flores Minutti

*[Firma manuscrita]*  
*[Firma manuscrita]*  
*[Firma manuscrita]*

## **AGRADECIMIENTOS.**

**A Dios** por haberme permitido convertirme en la persona que soy el día de hoy; por haber puesto en mi camino a tanta gente valiosa y por todo lo bueno y malo que me ha ocurrido.

**A mis abuelos** que siempre me han dado todo su cariño incondicional. A mi abuelita que aunque ya no esté físicamente conmigo, siempre estará presente en mi corazón.

**A mis papás.** A mi mamá por ser más que una madre, una amiga; y a mi papá por todo el apoyo que me ha dado siempre.

**A toda mi familia** por todo su cariño y confianza. A mi tía Silvia porque de no haber sido por ella le habría perdido el gusto e interés a las matemáticas desde los 9 años.

**A Malena** por todo lo que hemos compartido desde el primer día de clases en la universidad, por tu amistad y por darme la certeza de que cuento contigo en cualquier momento.

**A Karly por toda la ayuda que me brindaste aún cuando eso implicara dejar a un lado tu propio bienestar y por ese gran ángel que te caracteriza.**

**A todos mis amigos de la universidad: Por que sin ustedes nada hubiera sido tan divertido: A Gymeeita, Jennifer, Mónica, Aleida, Javier, Paola, Aquiltos, Alicia, Lalo, Aleida, Aleja, Darío, Víctor, Carola, Gumarito, Alejito, Lucy, Luis, Chucho, Hugo, etc.**

**A mi Don: Por habernos ayudado siempre en todo lo que podía, por consentimos, echarnos porras y por ser una bellísima persona.**

**A los papás de mis amigos por todo su apoyo dentro y fuera de asuntos escolares; por habernos recibido y soportado en todo momento, e incluso ayudarnos con los proyectos de la escuela.**

**A todos mis profesores por todas las enseñanzas recibidas; con mucho cariño al profesor Gumesindo Dasa Vázquez, y especialmente a Luz Zambrano por todo su apoyo en la realización de mi tesis.**

# INDICE

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	3

## I. ANTECEDENTES.

1.1. Generalidades del Pan Blanco.....	4
- Aspectos nutritivos .....	5
1.1.1 Proceso de horneado .....	7
1.2. Principales vías de deterioro del pan .....	10
- Envejecimiento y retrogradación del almidón.....	12
- Descomposición microbiana.....	13
- Pérdida o ganancia de humedad.....	14
1.3. Métodos de conservación del pan.....	15
1.3.1. Conservadores.....	15
1.3.2. Aplicación de temperatura.....	17
a. Esterilización.....	17
b. Congelación.....	18

1.3.3. Atmosferas modificadas.....	21
1.3.4. Otros métodos de conservación.....	22
1.4. Envasado del pan blanco.....	24
II. ATMÓSFERAS MODIFICADAS.	
2.1. Gases empleados.....	27
2.2. Sistemas de envasado.....	34
2.2.1. Máquinas de cámara.....	35
2.2.2. Máquinas de envase de almohadilla flexible.....	39
2.3. Aplicación en productos de panadería.....	44
III. ENVASE.	
3.1. Envases empleados para pan de caja a través del tiempo.....	52
3.2. Características fisicoquímicas y de resistencia mecánica de materiales.....	54
3.3. Materiales de envasado recomendados.....	58
CONCLUSIONES.....	63
BIBLIOGRAFÍA.....	65

# INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Página

Cuadro No.1: Fórmula típica para la elaboración de pan blanco.....	5
Cuadro No.2: Composición del pan blanco por 100 gr.....	6
Cuadro No.3: Especificaciones microbiológicas para el pan blanco, pan de harinas integrales y productos de bollería.....	7
Cuadro No.4: Especificaciones para aditivos (conservadores).....	16
Cuadro No.5: Propiedades de gases puros empleados en la inyección de gas en MAP.....	30
Cuadro No.6: Mezcla de gases recomendada para el empaque en atmósferas modificadas.....	32
Figura No.1: Sistema de termoformado.....	36
Figura No.2: Máquina convencional de formado horizontal/ llenado/ sellado, con cabeza de sellado de caja en movimiento.....	41

<b>Figura No.3: Máquina de formado vertical/ llenado/ sellado.....</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro No.7: Tiempos representativos de remoción de oxígeno mediante diferentes gases.....</b>	<b>46</b>
<b>Cuadro No.8: Efectos de la orientación en el polipropileno.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura No.4: OPP recubierto con PVdC.....</b>	<b>61</b>

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se hizo un análisis de los diferentes aspectos involucrados en la elección de una película plástica para envasar pan blanco mediante atmósferas modificadas.

Primeramente en el capítulo 1 se presenta información general del pan blanco; desde la definición de este producto de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, aspectos nutritivos, cambios ocurridos durante el proceso de homeado, sus características y las principales vías de deterioro del pan.

La información anterior se proporciona debido a que es indispensable conocer la naturaleza del alimento, los diferentes agentes responsables de una posible pérdida de calidad y la susceptibilidad del producto ; para así poder protegerlo adecuadamente, asegurar su inocuidad, buen manejo y su conservación por mayor tiempo.

El capítulo 2 se refiere a todo lo concerniente al método de envasado en atmósfera modificada. Se hace mención a los fundamentos de MAP, los diferentes gases y mezclas de gases empleados, la maquinaria, etc., y principalmente se mencionan estudios realizados con productos de panificación. Finalmente en el capítulo 3 se habla de los diferentes materiales de envasado empleados para pan blanco y las recomendaciones de materiales para envasar pan blanco en MAP.

## INTRODUCCIÓN.

Con la creciente demanda de diversidad de productos, presentaciones y principalmente la necesidad de tener cada vez mayores vidas útiles en los diferentes alimentos que consumimos cotidianamente, nace el envasado en atmósfera modificada. Al hablar de un proceso determinado en la transformación o envasado de un alimento, es necesario considerar la elección del envase y material del mismo que mejor cubra las expectativas que dicho proceso pretende cubrir. Así pues, este estudio está dirigido a hacer un análisis de las películas plásticas disponibles en el mercado para envasar un producto de gran consumo y popularidad, pan blanco, en atmósfera modificada.

Para hacer una adecuada elección del material de envasado es necesario; más que conocer las características de todas las películas existentes, conocer y tener presentes la vida de anaquel que buscamos y las características que queremos conservar, para de ahí partir a buscar los materiales que nos proporcionen dichas características.

En la industria de alimentos existe una amplia gama de productos, procesos de conservación, envases, etc. Este trabajo únicamente pretende brindar otra alternativa para la conservación del pan blanco; sustituyendo el uso de conservadores químicos mediante el empleo de gases inertes que no representan ningún daño a la salud, y empleando un material polimérico plástico que mantenga las condiciones de atmósfera que asegurarán la mejor conservación del producto.

## **OBJETIVO GENERAL:**

Seleccionar una película polimérica plástica para envasar pan blanco en función a las características del material de envase para generar una atmósfera modificada.

## **OBJETIVO PARTICULAR 1:**

Analizar las generalidades del pan blanco (composición, proceso de horneado, etc.), sus principales vías de deterioro y métodos de conservación.

## **OBJETIVO PARTICULAR 2:**

Analizar y seleccionar los gases más adecuados; así como sus concentraciones para generar una atmósfera modificada activa en el envasado de pan de caja.

## **OBJETIVO PARTICULAR 3:**

Analizar y seleccionar los polímeros menos permeables al vapor de agua y gases para mantener una atmósfera modificada activa.

# **I. Antecedentes**

## **1.1 Generalidades del Pan Blanco.**

### **DEFINICIÓN DEL PAN BLANCO:**

Producto que resulta de hornear una masa obtenida de harina fermentada por acción de leudante, agua y sal, acondicionadores y mejoradores de masa, adicionado o no de aceites y grasas comestibles, leche y otros ingredientes opcionales. *(NOM-147-SSA1-1996)*

El pan está compuesto principalmente de proteínas, lípidos, carbohidratos, agua y aire. Los componentes de la masa en combinación con las condiciones de procesamiento determinan la microestructura; y la microestructura determina la apariencia, textura, percepción de sabor y estabilidad del producto final. *(Autio, 1997)*

En el cuadro 1 se muestra la formulación típica para pan blanco donde se observa un alto contenido de agua (60-65%); el cual, contribuye grandemente al desarrollo de las interacciones que se llevan a cabo durante el proceso para darle al pan sus características propias finales. *(Desrosier, 1999)*

**Cuadro No. 1: Fórmula típica para la elaboración de pan blanco**

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje con base a la harina</b>
Agua	60-65
Levadura	3
Nutriente para levadura	0.3-0.5
Sal	2
Azúcar	4
Inhibidor de moho	0.125
Sólidos de leche descremada	3
Lardo	2
Emulsificante	0.25

*Desrosier, 1999*

#### **ASPECTOS NUTRITIVOS.**

Los cambios más importantes desde el punto de vista nutritivo, que tienen lugar durante el horneado, se producen en la superficie del alimento; por tanto, en las pérdidas de valor nutritivo, la relación volumen/ superficie juega un papel muy importante. En algunos tipos de pan, éstos cambios sólo se producen en la parte superior, ya que el contacto con el recipiente en el que descansa protege su parte inferior. A excepción de la vitamina C que se añade a la masa para mejorarla y que se destruye por completo durante el horneado, las pérdidas en el resto de las vitaminas son de escasa importancia. Las condiciones de alcalinidad de las masas para panificación fermentadas químicamente, favorecen la liberación de la niacina fijada a los polisacáridos y polipéptidos, con lo que su concentración aumenta. El contenido vitamínico del

pan depende también de la intensidad de la fermentación, ya que durante ésta el contenido en vitaminas del grupo B aumenta. Las pérdidas en tiamina en los cereales y derivados se hallan determinadas por la temperatura de horneado y el pH del alimento en cuestión. Las pérdidas en tiamina de pan horneado en recipientes son del 15% aproximadamente.

Las pérdidas en valor nutritivo como consecuencia de la participación de los aminoácidos y los azúcares en la reacción de Maillard son pequeñas. En el pan el índice de eficiencia proteica se reduce en un 23% comparado con el correspondiente a la de la harina original. La importancia de estas pérdidas es mayor cuanto más elevada es la temperatura, más largo es el horneado y mayor la concentración de azúcares reductores. La actividad de amilasa de la harina, la adición de azúcar a la masa para panificación, la utilización de amilasas fúngicas y la inyección de vapor en el horno para gelatinizar el almidón superficial, con el objeto de mejorar el color de la corteza, afectan en cierto grado al valor nutritivo de la fracción proteica. (Bureau, 1996; Fellows, 1994)

A continuación en el cuadro 2 se muestra el valor nutritivo del pan blanco.

Cuadro No. 2: Composición del pan blanco por 100 gr.

Agua (g)	Energía (KJ)	Proteína (g)	Grasa (g)	Carbohidra- tos		Cenizas (g)
				Total	Fibra	
35-40	990	8	1.5	50	0.2	2

Muller, 1982

En la Norma Oficial Mexicana se especifican los límites máximos permisibles en pan blanco para asegurar la calidad del producto desde el punto de vista microbiológico. A continuación en el cuadro 3 se presentan dichas especificaciones.

Cuadro No. 3: Especificaciones microbiológicas para el pan blanco, pan de harinas integrales y productos de bollería.

<b>Especificación</b>	<b>Límite Máximo UFC/g</b>
Mesofílicos aerobios	1000
Coliformes totales	<10
Mohos	20
Levaduras	20

*NOM-147-SSA1-1996*

#### **1.1.1. PROCESO DE HORNEADO.**

El horneado posee un objetivo secundario, que es la conservación del alimento por destrucción de su carga microbiana y por reducción de la actividad de agua en su superficie; así como también altera las características organolépticas de los alimentos con objeto de mejorar su palatabilidad y de ampliar la variedad de sabores, aromas y texturas de la dieta. No obstante, la vida útil de la mayor parte de los alimentos sometidos a esta operación sería corta si no se complementase mediante la refrigeración o el envasado.

Los cambios que se producen en la textura dependen de la naturaleza del alimento y de la temperatura y el tiempo de calentamiento. Una característica común a muchos productos horneados es la presencia de una corteza superficial que retiene la humedad interna del alimento. En los cereales y derivados la textura característica de la corteza se produce por gelatinización, deshidratación y cambios en la textura granular del almidón.

El calentamiento rápido da lugar a la formación de una costra impermeable que retiene la humedad y la grasa e impide la degradación de diversos nutrientes y componentes aromáticos. Si el calentamiento en el horno es lento, las pérdidas de agua desde la superficie hasta que se forma la corteza, son mayores; con lo que la parte interna del alimento es más seca. En los hornos de panadería, la deshidratación de la capa superficial de la masa se evita calentando inicialmente el horno con vapor. De esta forma, la corteza permanece elástica durante más tiempo. Así se evitan las roturas en la masa, que impedirían que este se esponjase adecuadamente. La corteza resulta más suave y brillante y la hidrólisis del almidón favorece el empardeamiento por la reacción de Maillard con lo que el sabor se mejora.

Los sabores desarrollados durante el horneado constituyen una característica organoléptica importante de los productos cocidos. Las condiciones drásticas de calentamiento en las capas superficiales del alimento provocan reacciones de Maillard y la degradación de Strecker que dan lugar a diferentes sustancias aromáticas, derivadas de la combinación de los aminoácidos libres con los azúcares presentes en el alimento en cuestión. Cada

aminoácido desarrolla, cuando se calienta con un azúcar determinado, un aroma característico, que se debe a la formación de un aldehído determinado. El tipo de aroma desarrollado, depende de la particular composición en grasas, aminoácidos y azúcares de las capas superficiales del alimento, el tiempo de calentamiento y la temperatura y contenido en agua del mismo durante el proceso.

El color marrón dorado característico de los productos horneados se debe a la reacción de Maillard, a la caramelización de los azúcares y dextrinas (presentes en el alimento o como consecuencia de la hidrólisis del almidón) que se transforman en furfural e hidroximetilfurfural, y a la carbonización de los azúcares, las grasas y las proteínas.

Las condiciones drásticas de calentamiento en las capas superficiales del alimento provocan reacciones de Maillard entre los azúcares y los aminoácidos.

*(Bureau, 1996; Fellows, 1994)*

## CARACTERISTICAS DE PRODUCTOS HORNEADOS HUMEDOS.

1. Generales: Alimentos para almacenamiento medio o largo.
2. Físico- mecánicas: Frágiles, ligeros, de baja resistencia; de forma y tamaño variable.
3. Organolépticas: Sabores distintivos, sabores que pueden cambiar (pérdida del sabor inicial o entrada de sabores extraños), sabor que puede

sufrir deterioro (a viejo, jabonoso o amargo, etc.), Apariencia que puede cambiar (desecharse).

4. Fisicoquímicas: Alto contenido de humedad,  $A_w$  elevada; sensibles a la oxidación, reacciones enzimáticas y alteración microbiana.

*(Bureau, 1996)*

## **1.2. PRINCIPALES VIAS DE DETERIORO DEL PAN.**

Durante la elaboración del pan se llevan a cabo grandes cambios estructurales. Durante el mezclado, el agua y el harina se transforman en una masa viscoelástica. La masa de harina de trigo tiene dos fases acuosas inmiscibles y continuas: la fase del gluten, y la fase líquida que contiene componentes solubles en agua y almidón. Durante el horneado, la masa viscoelástica se transforma en un pan elástico. El cambio a escala macroscópica más dramático es la expansión de las células de gas en una red abierta de poros.

*(Autio, 1997)*

Los cambios en la naturaleza fisicoquímica del almidón del trigo durante el almacenamiento son uno de los factores que más contribuyen a la pérdida de la frescura de productos horneados; esto es, al envejecimiento.

Poco después de haber sido horneados y preparados; todos los productos de panadería sufren una serie de cambios químicos y físicos a los que colectivamente se les llama envejecimiento. La naturaleza de estos cambios depende en gran medida del producto de panadería que estemos considerando, y no todos los productos sufrirán los mismos cambios y pérdida de calidad.

Algunos de los cambios que podemos encontrar incluyen:

- Pérdida de textura, ya sea que los productos absorban agua; o que haya movimiento de agua de la miga hacia la corteza.
- Aumento en la firmeza de la miga, como cuando el pan y los pasteles pierden humedad a la atmósfera.
- Aumento en la firmeza de la miga provocada no por la pérdida de agua, sino por la retrogradación de la fracción de almidón en el producto.
- Pérdida de firmeza de la miga, cuando hay migración de humedad de los rellenos cremosos a los pasteles.
- Aumento en el desmoronamiento, cuando la miga del pan y pasteles pierde cohesión.
- Un cambio (generalmente pérdida) de sabor y aroma.

La velocidad a la que se manifiestan los cambios en los productos de panificación depende de muchos factores, incluyendo las condiciones de almacenamiento; tales como temperatura, humedad relativa y empaque.

*(Cauvain, 1998)*

## ENVEJECIMIENTO Y RETROGRADACIÓN DEL ALMIDÓN.

Muchas referencias comunes al envejecimiento en productos de panificación están ligadas a cambios en el estado cristalino del almidón presente, que contribuye a un endurecimiento progresivo de la miga del producto.

- La retrogradación del almidón se refiere a los cambios en la estructura cristalina del almidón durante el almacenamiento post-horneado. Durante el horneado, el almidón presente en la masa del pan sufre una transformación conocida como gelatinización. Este es un proceso complejo, pero esencialmente comprende la transición de un estado ordenado (cristalino) a uno desordenado. En el almidón sin hornear, la amilopectina que contiene regiones ordenadas es embebida en la matriz no cristalina de la amilosa; el otro constituyente principal del almidón de trigo. El estado desordenado del almidón creado durante el horneado gradualmente se empieza a reordenar o retrogradar con el tiempo de almacenamiento y contribuye al endurecimiento que se observa típicamente en la miga del pan. Si se recalienta pan viejo, podemos desordenar otra vez la estructura del almidón y crear una miga de pan suave; sin embargo, cuando se vuelve a almacenar el mismo pan, se notará que la velocidad a la cual se endurece la miga ha aumentado.

*(Cauvain, 1998)*

Las tres vías de deterioro más importantes presentes en el pan son:

- **DESCOMPOSICIÓN MICROBIANA.**

En los productos de panificación, los hongos son los agentes de descomposición más comunes. En un pan sin conservadores se puede esperar una vida útil de 3-4 días, especialmente si la higiene en la fábrica no es suficientemente alta. Además del aspecto repelente del crecimiento visible, los hongos son responsables de la pérdida del sabor y de la producción de micotoxinas y componentes alergénicos. Estos compuestos se pueden formar aún antes de que el crecimiento sea visible. (Nielsen, 2000)

El pan es estéril a la salida del horno a causa de la temperatura de cocción, pero inmediatamente después se convierte en un medio de cultivo óptimo sobre el que se depositan y multiplican las esporas que se encuentran en la atmósfera.

Las especies más comunes que proliferan sobre el pan son *Aspergillus flavus*, y *Aspergillus niger*, *Penicillium glaucus*, *Mucor mucedo* y *Rhizopus* que se multiplican en colonias de diversos colores: blanco, amarillo, verde y negro.

En el caso de productos de panificación con una  $a_w$  elevada, la vida útil se ve limitada ya no por hongos, sino por el crecimiento de levaduras o bacterias ácido lácticas. Estos microorganismos son resistentes a los efectos del gas y causan descomposición ya sea en forma de crecimiento visible, o mediante la generación de  $CO_2$  en cantidades que provocan que el empaque se expanda. El grupo de las levaduras filamentosas conocidas como mohos chalk (el más importante de esta especie presente en el pan blanco es el *Endomyces*

*fibulger*, y en productos de panificación en general el *Pichia burtonii*) produce un crecimiento extendido de polvo blanquecino.

En el pan blanco dominan el *Penicillium commune*, *P. Solitum*, *P. Corylophilum* y *Aspergillus flavus*.

El desarrollo del moho hace al pan incomedible, no sólo por las alteraciones de sus características organolépticas, sino sobre todo a causa de una toxina producida por el *Aspergillus*, que es nociva para la salud humana y produce tumores en el hígado.

Un factor fundamental para el desarrollo del moho es el ambiente de la panadería en el que el pan se elabora; se calcula que en una panadería, caen al suelo una media de 5000 a 10000 esporas/m<sup>2</sup>, cantidad que tiende a aumentar en algunas estaciones, tales como el verano y el otoño cuando existe una mayor cantidad de hongos en el aire. La temperatura también influye en la reproducción de los mohos, siendo 30°C el valor óptimo para la mayor parte de las especies de mohos.

(Knorr, 1985; Nielsen, 2000; Quaglia, 1991; Robertson, 1993)

- **PERDIDA O GANANCIA DE HUMEDAD.**

Posteriormente al enfriamiento, el contenido de humedad del pan es de 36% y la  $a_w$  de 0.96. El empaque en este punto tiene una gran importancia ya que determina el hecho de que el pan gane o pierda humedad durante el almacenamiento, o no lo haga; aunque el factor determinante será la

diferencia entre la  $a_w$  del producto y la humedad relativa de la atmósfera circundante.

La pérdida de textura en la corteza como resultado de absorción de humedad es, por lo menos en teoría, una causa posible del final de la vida útil del pan. Tal acontecimiento es raro y por lo general se puede solucionar eligiendo un empaque más permeable.

Un problema asociado con la absorción de humedad es un aumento en la  $a_w$  de la corteza y un aumento en el crecimiento de mohos. Por el contrario, una pérdida excesiva de humedad también puede controlarse fácilmente seleccionando un material que sea menos permeable. *(Robertson, 1993)*

## **1.3. METODOS DE CONSERVACIÓN DEL PAN.**

### **1.3.1. CONSERVADORES.**

El método más habitual para aumentar la vida útil de productos de panadería libres de mohos conlleva el empleo de agentes antifúngicos autorizados. Aunque estos compuestos desempeñan un papel importante en la protección de los productos de panadería frente a la alteración microbiana, el nivel de utilización, y con ello la extensión de la vida útil, se ve limitada por el desarrollo de olores y de sabores anómalos o por su influencia en la calidad del producto. A continuación se hace referencia a algunos de estos agentes.

**Cuadro No. 4: Especificaciones para aditivos (Conservadores).**

<b>Especificación</b>	<b>Límite Máximo (mg/kg de producto solo o combinado con otro conservador permitido)</b>
Ácido ascórbico y sus sales de sodio y potasio	1000
Ácido benzoico y sus sales de sodio	1000
Ácido propiónico y sus sales de sodio y calcio	3000
Diacetato de sodio	4000
Propil parabeno	1000

*NOM-147-SSA1-1996*

El ácido sórbico es la sustancia que tiene mejor capacidad antimoho; su acción es particularmente eficaz en ambiente ácido (pH entre 4 y 5), nula a pH mayor a 7, por lo que se emplea únicamente en productos fermentados biológicamente, mientras es ineficaz en productos fermentados con sustancias químicas, donde el pH de la masa es superior a 7.

Debido a que el ácido sórbico inhibe no sólo la actividad del moho, sino también la de la levadura; no puede añadirse a la masa y debe ser rociado sobre el producto después de la cocción. Una cantidad elevada de ácido sórbico da al producto un sabor desagradable.

El ácido propiónico, como el sórbico, tienen el máximo de actividad antimoho en ambiente ácido, pero no afecta a la actividad de la levadura por lo que se puede agregar directamente a la masa.

Aunque el ácido acético y el ácido láctico son considerados sustancias antimoho, su acción se basa en crear un ambiente muy ácido que exalta la actividad de los antimohos más comunes, como el ácido sórbico y el ácido propiónico. *(Quaglia, 1991)*

### **1.3.2. APLICACIÓN DE TEMPERATURA.**

#### **a. ESTERILIZACIÓN.**

En el caso de productos envueltos es posible retardar la formación del moho mediante tratamiento térmico de esterilización.

La temperatura requerida para este tratamiento varía entre los 80 y 100°C durante 15 minutos en el pan de harina de trigo.

Las condiciones de temperatura y de duración de la esterilización dependen también del material empleado. La elección debe efectuarse entre hojas de aluminio (resistente hasta 200°C), celulosa (120- 130°C), polietileno (95- 100°C), papel metálico (120- 130°C) y polipropileno (120°C); el más usado para tratamientos de esterilización es el celofán tratado, material transparente, impermeable y soldable que permite, con un tratamiento térmico a 120°C durante 60 minutos, conservar el pan de molde durante un mes aproximadamente.

La humedad que sale del producto durante el tratamiento térmico queda retenida en el interior del material de envase, impermeable al vapor, de modo

que la humedad es recuperada durante el enfriamiento del pan. (Quaglia, 1991)

## b. CONGELACIÓN.

El pan varía sus características en pocas horas, tendiendo rápidamente a perder lo crujiente de su corteza, la elasticidad de la miga y su aroma, tornándose indeseable. En estas modificaciones, que son el resultado de un proceso químico- físico llamado endurecimiento, se considera que intervienen múltiples factores que implican la migración de la humedad, la evaporación del agua y la retrogradación del almidón. Se ha observado que la temperatura de conservación del producto ejerce una acción determinante sobre la velocidad de endurecimiento.

En el intervalo entre 50°C y -7°C la velocidad de endurecimiento aumenta a medida que se acerca a la temperatura de -2°C: a esta temperatura el fenómeno alcanza la máxima intensidad. A temperaturas inferiores y superiores se producen condiciones de relativa estabilidad y el producto puede conservar el estado de frescura durante un largo periodo de tiempo. Se excluye, por irrealizable, la posibilidad de una conservación a 50°C ya que a esta temperatura se favorece el desarrollo de mohos, quedando como única posibilidad para prolongar el estado de frescura del pan, su conservación por debajo de -8°C, esto es, congelado. Bajo estas condiciones no tienen lugar la migración de agua del almidón al gluten, considerada como una de las posibles causas del endurecimiento, ya que el agua está en gran parte congelada. Es de

fundamental importancia para el éxito de la operación que el producto supere muy rápidamente la temperatura entre 0 y  $-2^{\circ}\text{C}$ , zona en la cual se da la máxima velocidad en el proceso de endurecimiento. En la práctica esto se puede conseguir no sobrepasando las 4 horas en el proceso.

Experimentalmente se ha encontrado la siguiente información:

- Cada uno de los tipos de productos tiene una curva de enfriamiento: un producto más grande requiere de un tiempo de congelación mayor que uno más pequeño, en las mismas condiciones de trabajo.
- Cuanto más grande es la superficie de contacto, más rápida es la congelación del producto;
- El enfriamiento es también más rápido en los congeladores de doble lámina respecto a aquellos en los que el enfriamiento se produce sólo por debajo del producto. En el caso de congeladores de doble lámina se obtiene la congelación en un tiempo que se aproxima a la mitad del necesario en la congelación con lámina simple;
- La velocidad de enfriamiento disminuye con el aumento de la temperatura de enfriamiento. También el volumen y la velocidad del aire que pasa sobre el producto influyen en la velocidad de la congelación.

Debido a que el punto de congelación del pan está comprendido entre  $-6$  y  $-8^{\circ}\text{C}$ , se deriva que, a ese nivel, están prácticamente parados los procesos de endurecimiento, por lo que no es necesario descender a temperaturas excesivamente bajas. En el momento de la introducción en el congelador, el

pan debe tener una temperatura comprendida entre 30 y 40°C; otras veces se recomienda una temperatura de  $25 \pm 5^\circ\text{C}$ ,

Teniendo en cuenta que es necesario pasar de 30°C a una temperatura inferior de  $-8^\circ\text{C}$  en menos de cuatro horas, las dimensiones de los productos constituyen factores limitantes; por ejemplo, una temperatura de  $-30^\circ\text{C}$  es más que suficiente para superar rápidamente la "zona crítica" con panes de 800 gr.

Este método de conservación debe considerarse si el pan se va a conservar por un periodo de tiempo largo y no es requerido en menos de 24 hrs. ; ya que en investigaciones recientes, Pence y Standridge concluyeron que el mero acto de congelar y descongelar el pan equivale a 24 hrs. de envejecimiento a temperatura ambiente ( $\sim 20^\circ\text{C}$ ). Esto se debe a que el pan atraviesa la región de velocidad máxima de envejecimiento ( $4^\circ\text{C}$ ) dos veces; una durante la congelación, y otra durante la descongelación. El efecto que tiene el ciclo de congelación/ descongelación sobre el envejecimiento del pan será más significativo en cuanto más tiempo le tome pasar por el intervalo de temperatura crítica.

El pan ya congelado debe mantenerse, para una larga conservación, a una temperatura de  $-18, -20^\circ\text{C}$ ; y debe envolverse después de la congelación en una película plástica impermeable al vapor. Se deben evitar las fluctuaciones de temperatura y el aire debe circular con una velocidad máxima de 0.5 m/segundo.

(Cauvain, 1998; Quaglia, 1991)

### 1.3.3. ATMÓSFERAS MODIFICADAS

El almacenamiento en atmósfera controlada o modificada usando gases tales como dióxido de carbono, nitrógeno, monóxido de carbono, ozono, óxido de etileno, dióxido de sulfuro y óxido de propileno; o combinaciones de éstos, ha sido empleado exitosamente para aumentar la vida útil de alimentos. La mayor parte del trabajo realizado con productos

La mayoría del trabajo realizado con productos de panificación se ha llevado a cabo con dióxido de carbono y nitrógeno; siendo el dióxido de carbono un inhibidor del crecimiento de mohos más efectivo a concentraciones residuales más altas que el nitrógeno.

De acuerdo a Seiler (1984) ahora es generalmente aceptado que el dióxido de carbono es un excelente conservador para productos de panificación, en tanto que puede proporcionar grandes aumentos en la vida útil de todas las partes sin afectar el sabor o la apariencia. A pesar de que se han hecho varios intentos por explicar la acción antimicrobiana del dióxido de carbono, su acción aún no se entiende completamente. El uso de atmósferas modificadas de dióxido de carbono ha demostrado inhibir el crecimiento de mohos en productos de panificación más allá de una vida de anaquel en la que se esperaría un envejecimiento excesivo; además de que también retrasa el endurecimiento del pan. (Knorr, 1985)

#### 1.3.4. OTROS MÉTODOS DE CONSERVACIÓN.

- VAPORES DE ALCOHOL.

Se sabe desde hace mucho tiempo que el alcohol etílico es un potente bactericida que puede utilizarse para la esterilización de instrumentos quirúrgicos, pequeños utensilios, superficies de trabajo, etc., en establecimientos hospitalarios o alimentarios. Lo que no es tan conocido es que el alcohol también es un agente antifúngico muy eficaz que puede utilizarse para la conservación de productos de panadería.

A un nivel determinado de tratamiento, la actividad antifúngica del alcohol resultó mayor en productos envasados en una película plástica adherida al producto que en aquellos donde el envase queda holgado, y también mayor que cuando se empleaba una película plástica de baja permeabilidad a los gases. Se obtenían incrementos de la vida útil similares cuando se rociaba por aspersion la misma cantidad de alcohol en todas las superficies del producto antes de introducirlo en bolsas y sellarlo y cuando simplemente se añadía a la bolsa antes de introducir el producto y cerrarla. Estos resultados indican que los vapores de alcohol son realmente un inhibidor del crecimiento de los mohos. El incremento de la vida útil varía con el tipo de producto, de lo ajustado que se encuentre el envoltorio, con la permeabilidad a los gases del material del envase y de la integridad del cierre. En condiciones óptimas, el tratamiento con alcohol etílico para uso alimentario (95%) a un 0.5% del peso del producto, al

menos duplicaba la vida útil y a un 1% de alcohol, al menos la triplicaba. Además de sus propiedades antimicrobianas, el alcohol reduce la velocidad a la que el pan y los productos de bollería se vuelven correosos. Las pruebas organolépticas mostraron que el sabor del alcohol podría detectarse en bollos tratados con 1% de alcohol, pero no si el nivel era del 0.5% del peso del producto. *(Brody, 1996; Robertson, 1993)*

- .SECUESTRADORES DE OXIGENO.

Se trata de bolsas que absorben oxígeno y se colocan en el espacio de cabeza de los envases de alimentos. El material del interior de estas bolsas elimina el oxígeno presente en el espacio de cabeza por una reacción química. Las condiciones anaerobias que se originan inhiben el crecimiento de los microorganismos aerobios y evitan los cambios oxidativos en el alimento durante el almacenamiento.

En estudios con pan o bizcochos cortados en rebanadas que se inoculaban con mohos espolvoreándolos con harina, se introducían en bolsas de película plástica impermeables al oxígeno con una bolsita que absorbe el oxígeno y eran termoselladas, no se detectó crecimiento fúngico incluso tras un almacenamiento prolongado a 27°C. En el pan cortado en rebanadas se retrasó la alteración durante 12 días inhibiéndose también de forma notable el desarrollo de levaduras filamentosas. De acuerdo a estos estudios, no hay duda

de que el empleo de dichas bolsas de secuestradores de oxígeno pueden lograr incrementos de la vida útil rentables a escala comercial para productos de pastelería, siempre que el material del envase empleado sea lo suficientemente impermeable al oxígeno y que los envases estén bien cerrados. Es posible que el principal inconveniente consista en el rechazo del consumidor a la presencia de la bolsita en el interior del envase.

*(Brody, 1996; Robertson, 1993)*

#### **1.4. ENVASADO DEL PAN BLANCO.**

El objetivo de un empaque conveniente para pan fresco es conservar el contenido de humedad, prevenir el envejecimiento y mantener el pan en condiciones frescas por el mayor tiempo posible.

Deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- **Protección a la Humedad.**- Para un empaque óptimo del pan se requiere un material de barrera a la humedad moderadamente efectivo. La porción interna del pan tiene una humedad en equilibrio de alrededor de 90%. Esta porción tiende a secarse rápidamente y a endurecerse. Por otro lado, la corteza tiene una humedad en equilibrio baja y tiende a reblandecerse en condiciones húmedas.

Una barrera a la humedad muy buena tiene el efecto de promover el crecimiento de hongos en el pan y permitir que la corteza se vuelva suave; por

el contrario, si se usa una película de barrera verdaderamente pobre, el pan tenderá a secarse y descomponerse. El material más recomendable también debe ser económico.

- **Envejecimiento.**- El pan tiende a envejecer en un periodo de 4 a 7 días después de su elaboración. Esta es una propiedad inherente del tipo de harina, método de horneado y condiciones de almacenamiento. Este envejecimiento es causado por la migración de agua del almidón a la porción de proteína del interior, entonces el almidón se seca y pierde su textura. Al ser esta actividad independiente del contenido de humedad de la porción interna del pan, un empaque efectivo debe proteger al pan hasta que ocurra el envejecimiento.

El material de empaque ideal para el pan debe:

1. Ser atractivo.
2. Mantener una vida útil adecuada.
3. Adaptarse a maquinaria automática.
4. Ser fuerte.
5. Ser económico.
6. Ser una barrera a la humedad adecuada, y
7. Proteger la forma del producto.

*(Sacharow, 1980)*

## II. ATMÓSFERAS MODIFICADAS.

Durante las últimas dos décadas el envasado en atmósfera modificada (MAP) ha permitido la evolución en la conservación de alimentos frescos y mínimamente procesados.

Las tecnologías de envasado presentan un dilema: su principal objetivo es asegurar la seguridad del producto, y su objetivo secundario es maximizar la retención de calidad. *(Brody, 2000a)*

Los microorganismos requieren ciertas condiciones para crecer y reproducirse. En un alimento; estas condiciones son propiedades intrínsecas del mismo, como pH y  $a_w$ ; o factores extrínsecos asociados con el ambiente de almacenamiento. Entre los factores extrínsecos relevantes se encuentran la composición gaseosa del ambiente y la temperatura. Estos dos factores extrínsecos pueden controlarse mediante el empaque en atmósferas modificadas para retardar la descomposición y aumentar la vida de anaquel.

Contrariamente a la concepción popular, el empaque mediante atmósferas modificadas no es la panacea para resolver problemas ocasionados durante la producción o manipulación de un producto alimenticio. No hay un aumento en la calidad del producto. El empaque en atmósferas modificadas únicamente retrasa el proceso natural de deterioro y se requiere de un producto bueno y limpio para aumentar significativamente la vida útil.

El éxito de un sistema de empaque en atmósferas modificadas se encuentra determinado por la interrelación entre el gas, y el material y la máquina de empaque. La selección del gas o mezcla de gases empleada para reemplazar el aire de la atmósfera depende enteramente de la naturaleza o composición del producto. Muchos alimentos sufren descomposición a través del proceso de oxidación. Esta se puede retrasar al remover el oxígeno y reemplazarlo con un gas inerte, comúnmente dióxido de carbono y nitrógeno.

En el envasado en atmósfera modificada se genera una atmósfera inicial; ya sea manteniendo el aire en el envase, o inyectando una mezcla de gas deseada.

## **2.1. GASES EMPLEADOS.**

### *Dióxido de Carbono.*

Este gas tiene un poderoso efecto inhibitorio sobre el crecimiento bacteriano. Es particularmente efectivo contra bacterias aeróbicas gram-negativas, tales como *pseudomonas*; sin embargo, no retarda el crecimiento de todo tipo de microorganismos. El crecimiento de bacterias lácticas se ve favorecido en presencia de dióxido de carbono y un bajo contenido de oxígeno.

El dióxido de carbono tiene poco efecto sobre las células de levaduras. El efecto inhibitorio del dióxido de carbono aumenta al disminuir la temperatura debido a un aumento en su solubilidad (179.7 ml por 100 ml de agua a 0°C).

Dependiendo de su aplicación, el dióxido de carbono se puede emplear en niveles del 25 al 100% en empaques de atmósferas modificadas. Sus principales aplicaciones a altas concentraciones son para quesos duros, productos de panadería y pescado.

El dióxido de carbono se usa ampliamente en la industria panadera; al remplazar el oxígeno, inhibe exitosamente el crecimiento de mohos, pero no previene el proceso natural de envejecimiento.

En pruebas con bollos blandos al estilo inglés, Ooraikul demostró que el envasado en dióxido de carbono retrasaba eficazmente el desarrollo tanto de mohos como de bacterias lácticas. No obstante, se observó que los envases tendían a retraerse durante el almacenamiento, por lo que para resolver este problema fue necesario emplear una mezcla de 60% de dióxido de carbono y 40% de nitrógeno. Algunos investigadores europeos han observado que se forma un vacío parcial en el interior de envases con un 100% de dióxido de carbono. Este defecto se debe al empleo de películas de envasado que son más permeables al dióxido de carbono que al aire. A medida que se pierde el dióxido de carbono a través de la película del envase, el aire no puede ingresar a la misma velocidad para sustituirlo. Con el tiempo se genera el suficiente vacío en el envase, afectando negativamente el aspecto del producto. Seiler ha demostrado que no hay motivos para que no se utilice dióxido de carbono puro, siempre que se seleccione una película adecuada por su impermeabilidad a los

gases y que no hay justificación para la utilización de mezclas de gases en la conservación de productos de panadería.

El dióxido de carbono pasa a través de películas de empaque hasta treinta veces más rápido que cualquier otro gas empleado en el empaque de alimentos. *(Brody, 1996; Parry, 1993)*

### *Nitrógeno.*

El nitrógeno es un gas inerte con baja solubilidad en agua y grasas. Es empleado para el empaque en atmósferas modificadas principalmente para desplazar al oxígeno, así como para retrasar la oxidación y prevenir el enranciamiento de alimentos tales como nueces. También puede influir indirectamente sobre los microorganismos en alimentos perecederos al retardar el crecimiento de organismos aeróbicos. La tercera función del nitrógeno es llenar el empaque y prevenir su colapsamiento en alimentos que absorben dióxido de carbono.

### *Otros gases.*

El potencial de otros gases tales como el monóxido de carbono, cloro, óxido de etileno, dióxido de nitrógeno, ozono, óxido de propileno y dióxido de sulfuro se ha investigado experimentalmente para el empaque en atmósferas

modificadas; pero es improbable que las autoridades regulatorias acepten su uso comercial para el empaque de alimentos.

Las propiedades del gas empleado en MAP afectan particularmente la velocidad de sustitución de oxígeno; entre mayor sea la dimensión de la molécula, y consecuentemente su peso molecular y densidad; menos eficiente y lento es el proceso de remoción de oxígeno. *(Piergiovanni, 1997)*

En el cuadro 5 se presentan algunas propiedades importantes a tomar en cuenta en la elección del gas para MAP.

Cuadro No. 5: Propiedades de gases puros empleados en la inyección de gas en MAP.

Gas	Solubilidad	Peso Molecular (g mol <sup>-1</sup> )	Diámetro Molecular (Å)	Densidad (Kg m <sup>-3</sup> )	Viscosidad (10 <sup>-6</sup> Pa s)
He	0.009	4.00	2.41	0.16	19.30
N <sub>2</sub>	0.016	28.01	3.00	1.15	—
Ar	0.034	39.55	3.80	1.64	22.09
CO <sub>2</sub>	0.870	44.01	4.30	1.81	14.22
N <sub>2</sub> O	0.665	44.01	4.69	1.82	14.36

*Piergiovanni, 1997*

### *Mezclas de gases.*

Existen tres tipos de mezclas de gases usadas en el empaque en atmósferas modificadas:

- Mezcla inerte ( $N_2$ ).
- Mezcla semi-reactiva ( $CO_2/N_2$  o  $O_2/CO_2/N_2$ )
- Mezcla totalmente reactiva ( $CO_2$  o  $CO_2/O_2$ )

La combinación de gases empleada depende de muchos factores; tales como el tipo de producto, los materiales de empaque y la temperatura de almacenamiento. De acuerdo al producto que se trate, los factores críticos son el contenido de grasa y de humedad, características microbiológicas, velocidad de respiración (en productos hortofrutícolas) y los requisitos de estabilización del color (en carnes rojas).

En el cuadro 6 se presentan diversas opciones de mezclas de gases dependiendo del producto a envasar en atmósfera modificada. De este cuadro se puede resaltar que para pan se recomiendan altas concentraciones de  $CO_2$  en ausencia de oxígeno ya que los hongos se inhiben por este medio y se eliminan los requerimientos de otros antimicrobianos.

Cuadro No. 6: Mezcla de gases recomendada para el empaque en atmósferas modificadas.

Producto	% Oxígeno	% Dióxido de Carbono	% Nitrógeno
Carne roja	60-85	15-40	—
Carnes curadas	—	20-35	65-80
Pollo	—	25	75
Pescado (blanco)	30	40	30
Pescado (graso)	—	60	40
Salmón	20	60	20
Queso duro	—	100	—
Queso suave	—	30	70
Pan	—	60-70	30-40
Pasteles sin leche	—	60	40
Pasteles con leche	—	—	100
Pasta (fresca)	—	—	100
Fruta y vegetales	3-5	3-5	85-95
Alimentos deshidratados/ rostizados	—	—	100

Parry, 1993

#### MATERIAL DE EMPAQUE.

La selección del material de empaque es una parte extremadamente importante de la operación de empaque en atmósferas modificadas. Los

materiales deben tener las propiedades físicas esenciales de baja transmisión de vapor de agua, alta barrera a los gases, resistencia mecánica para soportar la manipulación en maquinaria, el almacenamiento y la distribución subsecuente en el formato del empaque final; así como tener la capacidad de proporcionar sellos de alta integridad para asegurar la retención del gas dentro del empaque hasta que éste sea abierto por el consumidor.

Siempre que el envase se selle adecuadamente, el gas permanecerá retenido el tiempo suficiente para ejercer el efecto deseado. La selección de las películas permeables debe hacerse con cuidado, ya que si son más permeables al dióxido de carbono que al aire, se crea un vacío parcial que perjudicaría el aspecto del producto.

El tipo de material de envasado junto con el gas que se emplea depende del incremento de la vida útil necesario. Cuando sólo se requiere un pequeño incremento, de dos o tres días por ejemplo, puede considerarse el empleo de un material simple y barato como una película de polietileno. Por el contrario; cuando se busca un aumento mayor en la vida de anaquel, se opta por películas laminadas.

**Algunas películas plásticas comúnmente empleadas en MAP son:**

Polietileno de baja densidad (LDPE)

Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE)

Polietileno de alta densidad (HDPE)

Polipropileno (PP)

Ionómeros

Copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA)

Cloruro de polivinilo (PVC)

Copolímero de cloruro de polivinilideno (PVdC)

Poliestireno (PS)

Poliestireno de alto impacto (HIPS)

Barex (Copolímero de Acilonitrilo- Metacrilato)

Poliámidas

Terftalato de polietileno (poliéster o PET)

*(Parry, 1993)*

## **2.2 SISTEMAS DE ENVASADO.**

Para tener éxito en cualquier operación de envasado en atmósfera modificada se debe asegurar la integridad del envase y evitar las fugas.

Existen dos categorías de maquinaria disponibles para MAP; de cámara y de almohadilla. Las primeras a su vez se pueden subdividir en máquinas de cámara que emplean la técnica de termoformado y máquinas que emplean envases preformados. Las máquinas de envase de almohadilla son de tipo horizontal que forma, llena y sella el envase; y de tipo vertical que cumple con las mismas funciones.

### **2.2.1. Máquinas de cámara.**

#### **➤ Sistema de termoformado.**

El método de termoformado involucra el uso de un material de base rígido o semirígido, que es alimentado desde una bobina en los sujetadores o tornillos sostenidos de cadenas que corren hacia cualquier lado de la película y a lo largo de la máquina. El material es trasladado a una estación de calentamiento donde se suaviza; y de ahí, a una estación de formado donde; mediante el uso de vacío, aire a presión, o una combinación de ambos, se le proporciona la forma requerida de envase, generalmente una bandeja.

Este tipo de máquina normalmente opera de modo intermitente y, en función al tamaño de la bandeja que se produce y la gama de capacidades de la máquina, se puede producir un número determinado de bandejas por cada lámina y ciclo de la máquina. El conjunto de bandejas formadas se manda a la zona de carga de producto; esta carga puede hacerse manual o automáticamente dependiendo de la naturaleza del producto. En la siguiente sección, las bandejas entran llenas a una cámara de cerrado; se extrae el aire y se introduce la corriente del gas a través de las toberas. Simultáneamente a la entrada de las bandejas a la cámara, se mide la lámina superior, de material flexible, que se suministra desde una bobina y se introduce en la cámara sobre las bandejas, a continuación se realiza la inyección de gas y se sella. Después, todo el conjunto de envases sellados pasa a una estación de cortado donde cuchillas giratorias y una guillotina transversal o un troquel y una matriz, con funcionamiento coordinado separa las bandejas del grupo y los restos de

material se eliminan. En la Figura 1 se muestran de derecha a izquierda los pasos realizados por una máquina de sistema de termoformado.

Las ventajas del sistema de termoformado de empaque para MAP son muchas. Al evacuar el aire del empaque antes de inyectar el gas requerido, se puede conseguir un bajo contenido de oxígeno residual en el empaque final cuando se empaquetan productos con una estructura porosa, tal como el pan. El empaque es atractivo y conveniente. El sistema hace su propia bandeja, lo que le da una ventaja de costo comparado con tener que usar una bandeja preformada.

Entre sus desventajas encontramos que un cambio en el tamaño del empaque frecuentemente exige el cambio de troqueles y la estampación en seco, con pérdida de tiempo y necesidad de personal especializado. Las máquinas que operan mediante movimiento intermitente son lentas en términos de tiempo para un ciclo, aunque el número de empaques producidos por ciclo depende de los que se pueden ajustar en el área de cabeza de formado. La alimentación automática de productos también es difícil.

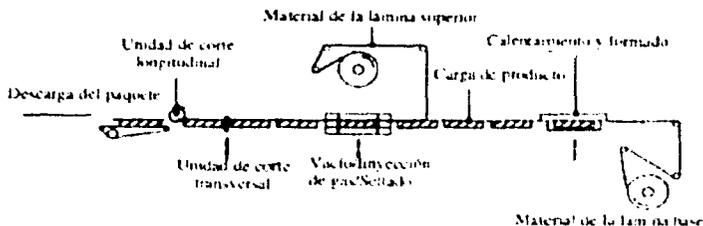


Figura No. 1: Sistema de Termoformado  
Parry, 1995

➤ Maquinas de envases preformados.

Existen tres variables de este tipo:

- Máquinas automáticas.

El tipo de envase más común es la bandeja, aunque también puede utilizarse la bolsa preformada. Emplear una máquina para hacer sus propias bandejas a partir de una bobina es más económico que comprarlas a una fuente externa. Sin embargo, al comprar las bandejas, el empacador reduce la tecnología y mantenimiento especializado, necesario para operar un sistema de termoformado eficaz. Las bandejas se pueden comprar con diseño y requisitos específicos; pueden producirse mediante termoformado o por inyección sobre un molde, cuando se requiere mayor rigidez.

A las máquinas empleadas para el envasado en atmósfera modificada de bandejas preformadas también se les conoce como selladoras de bandejas y tienen gran similitud con las máquinas de termoformado. En lugar de formar el envase, estos equipos aceptan una bandeja preformada mediante algunos de los sistemas de transportadores sobre cadenas, que llevan las bandejas a lo largo de la máquina. El producto se carga en la bandeja que pasa al interior de la cámara, se evacua el aire, se permite la entrada del gas, se sella el material de la tapa a los bordes superiores de la bandeja y finalmente se ventila y abre la cámara para dar paso a otro ciclo. Las estaciones posteriores cortan el material sobrante de la tapa y remueven el paquete cerrado del transportador. Los rendimientos son similares a los obtenidos en las máquinas de termoformado y

están determinados por el tiempo del ciclo vacío/inyección del gas y el número de bandejas que caben en la matriz por ciclo.

- Máquinas semi automáticas.

Se emplean cuando se requiere de bajas velocidades de producción y alta flexibilidad, estas unidades son relativamente pequeñas. Constan de una cámara y un sistema de alimentación del material que formará la tapa superior, y es necesario efectuar la carga y descarga manual de las bandejas. La sección superior de la cámara puede ser una campana con bisagras, que se baja para cerrar la cámara en la cual se elimina posteriormente el aire, se inyecta el gas y se sella con el material de la cubierta a los bordes de la bandeja, que finalmente se cortan para separarlas de la lámina.

- Inyección de gas sin evacuación.

Las máquinas de cámara que utilizan envases preformados operan con movimiento intermitente, limitando el rendimiento. Sin embargo, se dispone de máquinas que trabajan con movimiento continuo, con inyección de gas y sellado de la tapa de las bandejas preformadas, pero sin realizar el vacío inicialmente. Las bandejas se suministran en una sección de alimentación de la máquina, se llenan con el producto y pasan a través de un túnel en el que el aire es purgado

por arrastre con el gas deseado. Posteriormente, se sella la tapa y el paquete terminado se expulsa al exterior de la máquina. Con este procedimiento es más difícil conseguir niveles muy bajos de oxígeno residual, similares a los que puede proporcionar el sistema de vacío/ inyección. Por medio de este último, dependiendo de la naturaleza del producto, los niveles de oxígeno residual en el paquete que sale de la máquina son mínimos y pueden estimarse por debajo del 1% en volumen.

Finalmente, la elección del sistema de envasado dependerá también de la naturaleza del producto; ya que no todos resisten el proceso de formación del vacío; los de naturaleza frágil y disgregable, son propensos a sufrir daños y es mejor someterlos sólo a la inyección de gas.

### **2.2.2. Maquinas de envases de almohadilla flexible.**

#### **➤ Sistemas de equipo de formado horizontal/ llenado/ sellado.**

En el procedimiento de operación se emplea una bobina simple del material de empaquetado que pasa a través de un elemento de formado, comúnmente denominado como caja de plegado, que da forma de tubo al material sellando los dos bordes bajo presión de rodillos calientes. El producto se introduce en este tubo desde un alimentador diseñado para adaptarse a las características particulares de manipulación del producto en cuestión. Si el producto no es

susceptible de sufrir daños al ser embolsado o introducido en una bandeja, el alimentador puede consistir de una serie de paletas unidas a una cadena, colocadas con una inclinación adecuada. Si es un producto delicado, puede trasladarse a lo largo de la sección de alimentación sobre transportadores de tablillas. Una lanza sobresale al interior del tubo del material que se está soldando, y a través de él se introduce el gas mientras que la máquina está en movimiento.

En una máquina estándar de formado horizontal/ llenado/ sellado, como la que se muestra en la figura 2; la soldadura transversal se consigue por unas mordazas giratorias que proporcionan un tiempo de contacto muy limitado para lograr un buen sellado del paquete. La ventaja de usar una mordaza giratoria es el rendimiento que puede obtenerse, mayor que en los sistemas que emplean unidades de sellado transversal por movimiento orbital.

La máquina de formado horizontal/ llenado/ sellado permite cambiar fácilmente de tamaño de producto y un rápido ajuste durante la producción, sin necesidad de técnicos expertos , altamente especializados. Las máquinas pueden estar equipadas con una caja de plegado ajustable, operación que puede controlarse automáticamente. La exactitud de las unidades guiadas por microprocesadores multieje, sobre los sistemas guiados por la mecánica tradicional, está comprobada y la capacidad de programar en estas máquinas los detalles de los diferentes productos y recuperarlos desde una unidad de memoria, hace que este tipo de máquina de empaquetado sea extremadamente flexible.

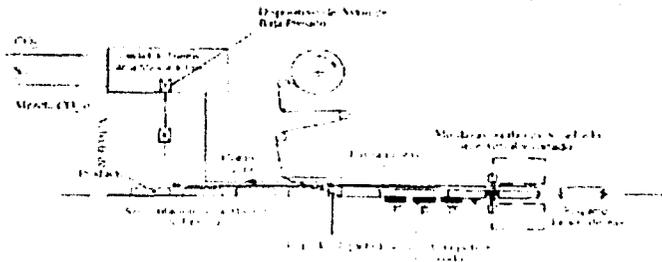


Figura No. 2: Máquina convencional de formado horizontal/llenado/sellado, con cabeza de sellado de caja en movimiento

*Parry, 1995*

➤ **Sistemas de máquinas de formado horizontal/llenado/sellado invertido.**

El material de envasado se alimenta desde la parte inferior de la máquina, como se muestra en la esquina inferior izquierda de la figura 2, y los dos bordes se conducen unidos hasta la parte superior del paquete, para formar una soldadura final o una soldadura superpuesta. A la película se le da la forma de tubo como en las máquinas de formado horizontal/llenado/sellado convencionales. El gas se introduce a través de una lanza y de las guías que ayudan al tubo que se está formando. Los rodillos calientes, montados por encima, sueldan los bordes de la película antes de pasar a la unidad de sellado transversal. Una serie de mordazas soldadoras, cada una con una cuchilla, se

colocan en una cadena circular de levas. Una celda fotoeléctrica detecta el borde posterior de cada producto y determina la liberación del equipo de guía de las mordazas, permaneciendo en una posición de espera. Por este medio, ante cualquier variación en la longitud del producto se introduce una variación en la longitud del paquete suministrando la película necesaria.

La soldadura se realiza durante un recorrido aproximado de  $120^\circ$  alrededor de la caja de levas, equivalente a tres ciclos de la máquina. Por comparación, el mejor tiempo de sellado en una máquina de movimiento orbital es de  $120^\circ$  o  $1/3$  de ciclo de la máquina. Sin embargo, cada tipo de máquina tiene un tiempo óptimo de sellado, en función de la temperatura y presión, aunque al aumentar el tiempo de contacto no se mejora necesariamente la calidad del sellado. El resultado más probable es que puede incrementarse el rendimiento de la máquina.

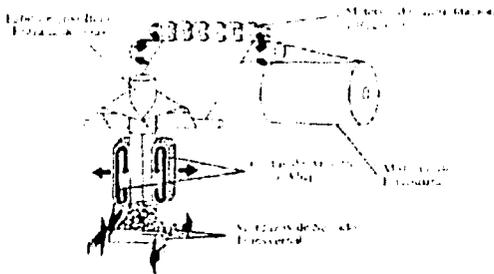
#### ➤ Sistemas de formado vertical/ llenado/ sellado.

En la figura 3 se esquematizan los diferentes pasos que se llevan a cabo en el segundo tipo de máquina más producida para la industria del empaquetado, después de la de formado horizontal/ llenado/ sellado. Los principios de funcionamiento de todas ellas y las diferencias entre los modelos se basan en el modo de transporte del material de empaque a través de la máquina.

En MAP estas máquinas se emplean para envasado de productos granulares y de fácil desplazamiento, como café, frutos secos y botanas. Una

secuencia típica de la operación supone que una lámina simple de material de empaque, extraída de una bobina y marcada si está impresa, pasa sobre una paleta formadora y alrededor de un tubo metálico vertical. El tubo actúa como la caja formadora de las máquinas de tipo horizontal, y los bordes de la película se guían para formar una aleta que pasa por los rodillos calientes, o más frecuentemente una costura del tipo solapa, que se sella por medio de una barra calentada aplicando presión a la zona de costura. En la mayoría de los casos. Las máquinas trabajan con movimiento intermitente y la película se impulsa por cintas que ajustan cada lado del tubo que se está formando. En algunos casos, la cinta se mueve continuamente y arrastra al friccionar sobre la película, para dirigirlo hacia abajo, hasta una marca que indica que el producto ha sido alimentado en el tubo.

Mediante una adecuada pesada del producto, por un sistema de alimentación volumétrica o de sonda, se suministra hacia la parte inferior del tubo y dentro de la bolsa formada en la base del tubo. Las mordazas de sellado transversal, que incorpora una cuchilla, se mueven hacia adentro y hacia fuera para realizar el sellado transversal y separar los paquetes sucesivamente. Cuando se necesita introducir un gas, se utilizan dos tubos, uno dentro del otro. El material de empaquetado se guía alrededor del tubo exterior, el producto cae por el tubo interior, y el gas; para expulsar el aire del paquete que se está formando, se introduce entre las paredes de los dos tubos.



**Figura No. 3: Máquina de formado vertical/ llenado/ sellado.  
Parry, 1995**

### **2.3. APLICACIÓN EN PRODUCTOS DE PANADERÍA.**

La pérdida de humedad se puede retardar empleando materiales de baja permeabilidad al vapor de agua, tales como películas de polietileno de baja densidad. El uso de este tipo de materiales retiene el vapor de agua dentro del empaque, pero pueden crear condiciones óptimas para el crecimiento de mohos.

Al aumentar la vida útil de productos de panadería se puede:

- Reducir el número y magnitud de productos devueltos.
- Aumentar el área de distribución de las panaderías.
- Reducir la frecuencia de entregas.
- Lograr mayor extensión de la vida útil;
- Permitir la producción de una mayor diversidad de productos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Reducir el contenido de oxígeno y remplazarlo con una atmósfera inerte es inefectivo si no se reduce el contenido de oxígeno de la atmósfera a menos del 1%.

El sistema de empaque de reducción de oxígeno más común para productos de panadería es el de tipo horizontal que forma, llena y sella; empleando películas de polipropileno orientado recubierto con PVdC de hoja sencilla. Este sistema requiere una inyección de gas extensiva mientras se forma y sella la bolsa flexible. (Parry, 1995)

Dentro de los estudios realizados en productos de panificación, uno de los más significantes fue el realizado por *Pergiovanni (1997)* cuyo objetivo fue simular el MAP de rollos de pan mediante inyección de gases, siguiendo la velocidad de remoción de oxígeno dentro del pan, para entender que factores pueden acelerar la sustitución del aire; llevando así a un aumento de la vida de anaquel. Los diferentes gases empleados fueron: He, N<sub>2</sub>, Ar, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, cuyas propiedades se presentan en el cuadro No. 5.

Dentro de los resultados encontrados en este estudio encontramos que:

- Los gases que tengan un mayor diámetro molecular y un mayor peso tendrán un coeficiente de difusión menor dentro del pan, y en consecuencia disminuirá la velocidad de remoción de oxígeno. Esto se

puede observar en el cuadro 7 en términos de tiempo de remoción de oxígeno.

Cuadro No. 7: Tiempos representativos de remoción de oxígeno mediante diferentes gases.

Gas	Tiempo para alcanzar 10% de O <sub>2</sub> residual (s)	Tiempo para alcanzar 5% de O <sub>2</sub> residual (s)	Tiempo para alcanzar 1% de O <sub>2</sub> residual (s)
He	21.2	31.0	54.1
N <sub>2</sub>	23.2	37.4	76.5
Ar	28.1	43.1	82.8
CO <sub>2</sub>	28.6	44.3	92.6
N <sub>2</sub> O	28.8	46.2	107.5

*Piergiovanni, 1997*

- También la solubilidad del gas representa un obstáculo para la remoción de oxígeno, aunque no de forma proporcional. Este efecto, que parece menos importante que el tamaño de molécula del gas, puede atribuirse a la presencia de menos moléculas gaseosas disponibles para la remoción de oxígeno, como consecuencia de la solubilidad dentro de la fracción húmeda del pan.

Las conclusiones a las que llegó el autor fueron que la selección del gas o la mezcla de gases a utilizar es de gran importancia para la eficiencia y la rapidez de las operaciones de envasado. El uso de un gas con baja solubilidad en agua y bajo peso molecular combinado con CO<sub>2</sub> podría reducir las operaciones de envasado y aumentar la vida de anaquel de productos de panificación. *(Pergiovanni, 1997)*

Un segundo estudio significativo fue el realizado por *Rodríguez (2000)*, cuyo objetivo fue aplicar atmósferas modificadas en el envasado de pan de harina de trigo rebanado, teniendo como variables: la  $a_w$ , contenido de humedad, valores de pH y la composición (con o sin conservador adicionado – propionato de calcio-) bajo 2 diferentes rangos de temperatura de almacenamiento (22-25°C en primavera y 15-20°C en otoño) para establecer el efecto de MAP en la vida útil de este producto.

Los gases o mezclas de gases empleados para el experimento fueron: aire, 100% N<sub>2</sub>, 20%CO<sub>2</sub>:80% N<sub>2</sub> y 50%CO<sub>2</sub>:50% N<sub>2</sub>.

Los resultados de este estudio se enfocaron principalmente a determinar signos de enmohecimiento y vida de anaquel del producto en base a este enmohecimiento.

- En las muestras sin conservador, el almacenamiento en 100% N<sub>2</sub> con respecto al almacenamiento a 22-25°C no mostró ventajas, ya que en ambos casos las muestras desarrollaron moño después de 13 días de

almacenamiento. En los productos envasados en 20% CO<sub>2</sub>: 80% N<sub>2</sub> y 50% CO<sub>2</sub>: 50% N<sub>2</sub>, hubo signos de enmohecimiento aparente en todos los productos después de 20 y 26 días respectivamente.

- En las muestras con conservador a la misma temperatura (22-25°C) a los 26 días que duró el experimento, el 100% de las muestras envasadas en 100% N<sub>2</sub> y el 60% de muestras envasadas en 20% CO<sub>2</sub>: 80% N<sub>2</sub> habían desarrollado signos visibles de enmohecimiento; y ninguna muestra de las envasadas en 50% CO<sub>2</sub>: 50% N<sub>2</sub> presentó enmohecimiento.
- Cuando la temperatura se redujo a 15-20°C, en las muestras sin conservador, las muestras envasadas en aire y en 100% N<sub>2</sub> presentaron enmohecimiento después de 13 días. Ninguna de las muestras almacenadas en 20% CO<sub>2</sub>: 80% N<sub>2</sub> desarrolló enmohecimiento en 52 días de almacenamiento. En este punto del experimento, 67% de las muestras envasadas en 50% CO<sub>2</sub>: 50% N<sub>2</sub> presentaron enmohecimiento visible.
- A 15-20°C y con la adición de conservador, todas las muestras presentaron enmohecimiento hasta después de 34 días. Al final del experimento (52 días), únicamente el 50% de las muestras almacenadas en 100% N<sub>2</sub> y 20% CO<sub>2</sub>: 80% N<sub>2</sub> habían desarrollado moho, mientras

que las muestras almacenadas en 50% CO<sub>2</sub>: 50% N<sub>2</sub> no presentaron ningún signo de enmohecimiento.

Los resultados confirmaron la eficiencia del CO<sub>2</sub> para retrasar el desarrollo de mohos en el producto envasado; ésta era más efectiva cuando se aumentaba la concentración de CO<sub>2</sub> y se reducía la temperatura.

Si la concentración de O<sub>2</sub> en el espacio de cabeza excede el 1%, se pierde el efecto antimicrobiano del N<sub>2</sub> y empieza el desarrollo de mohos.

Considerando la vida de anaquel del producto como el momento en el que el 30% de muestras de un lote presentan signos visibles de enmohecimiento; se vió que, dependiendo de la atmósfera, la vida de anaquel del pan sin conservador y MAP a 22-25°C es de 9-14 días. EL uso de MAP representa un buen sustituto para los conservadores químicos, ya que la vida de anaquel del pan con conservador envasado en aire es de 12 días. La vida de anaquel del pan en mezclas de CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> (20:80) fue de 11 días, y de 14 días para una concentración 50:50. *(Rodríguez, 2000)*

## **VENTAJAS DEL EMPAQUE CON ATMÓSFERAS MODIFICADAS.**

- **Aumento en la vida de anaquel permitiendo un cambio menos frecuente de producto en anaqueles de exhibición.**
- **Menor desperdicio en producto de venta al público.**
- **Presentación mejorada, vista clara del producto.**
- **Empaque higiénico, sellado y libre de olor.**
- **Fácil separación de productos en rebanadas.**
- **Poca o nula necesidad de conservadores.**
- **Aumento en el área de distribución y reducción en los costos de transporte debido a entregas menos frecuentes.**
- **Empaque centralizado y control de porción.**
- **Reducción en los costos de producción y almacenamiento debido al mejor uso de mano de obra, espacio y equipo.**

## DESVENTAJAS DEL EMPAQUE CON ATMÓSFERAS MODIFICADAS.

- Costo de la maquinaria de empaque con gases.
- Costo de los gases y materiales de empaque.
- Costo del equipo analítico para asegurar que se están usando las mezclas de gases correctas.
- Costo de los sistemas de aseguramiento de la calidad para prevenir la distribución de fugas, etc.
- Aumento en el volumen del empaque que afectará adversamente los costos de transporte y el espacio disponible en anaqueles de venta al consumidor.
- Crecimiento potencial de patógenos debido al abuso de temperatura por parte de vendedores y consumidores.
- Los beneficios del empaque mediante atmósferas modificadas se pierden una vez que el empaque se abre o presente fugas.

*(Parry, 1993)*

### **III: ENVASE.**

#### **3.1 ENVASES EMPLEADOS PARA PAN DE CAJA A TRAVÉS DEL TIEMPO.**

Materiales de empaque flexible.

El primer pan elaborado no se empacaba. La tendencia a la distribución a gran escala, el pre-rebanado y las medidas higiénicas aceleraron el empleo de un empaque.

Hacia 1910 ningún pan se empacaba en los Estados Unidos, fue durante la era precedente a la Primera Guerra Mundial que apareció el papel encerado como material de empaque para el pan; este material es la barrera más económica y es lo suficientemente rígido para emplearse en máquinas automáticas para empaque de pan, se sella y retarda la pérdida de humedad adecuadamente. Las desventajas que presenta son su opacidad y su aumento en permeabilidad cuando se pliega.

A finales de los años 20's se introdujo el celofán como material de empaque para el pan. Los primeros problemas se centraron en las limitaciones de la maquinaria, altos costos de material y dificultades de manipulación. Al haber sido el primer empaque transparente, muchos panaderos lo consideraron un material muy novedoso. Problemas en el termosellado dieron lugar al desarrollo de líneas especiales para celofán, pero para 1956 el papel encerado

y el celofán eran empacados en la misma línea sin modificaciones significativas. Entre 1930 y 1955 el celofán era el principal material de empaque de pan.

En 1958 se introdujo el polietileno a la industria de empaque del pan. Los panaderos estaban preocupados por los altos costos, y el polietileno prometía reducir el costo de materiales. La película de polietileno era más económica que el celofán y ofrecía a los panaderos un ahorro de más del 30%. Su principal desventaja era un problema con la maquinaria debido a los delgados calibres utilizados y la estática también representó problemas en un principio.

Al aparecer el polipropileno, éste ofrecía mejor transparencia que el polietileno y mayor rigidez y maquinabilidad; desgraciadamente tendía a romperse a bajas temperaturas (-17.7°C y menores), lo que causó problemas de distribución. En un intento para mejorar esta característica, se introdujo el polipropileno orientado. Esta variedad resistía la ruptura a la temperatura, pero era difícil de termosellar en maquinaria automática; los sellos finales aparecían arrugados y retorcidos.

La tendencia hacia películas plásticas sintéticas caracterizadas por el polietileno y el polipropileno llevó al desarrollo de una variedad de poliolefinas coextruidas. En 1962 se introdujo un copolímero basado en un sándwich de PP-PE-PP con el tacto y la resistencia al clima del polietileno, y la óptica y rigidez del polipropileno.

Hacia finales de los años 60's los consumidores se vieron inmediatamente atraídos hacia la bolsa de polietileno ordinaria. Para 1980, más del 90% de pan se empacaba en bolsas de polietileno de baja densidad. A pesar de que las películas de poliolefinas presentaban ventajas distintivas

como empaques para pan, realmente nunca corrieron satisfactoriamente en maquinaria automática. Las bolsas preformadas eliminaron los problemas de producción, eran más costosas pero inmediatamente tuvieron éxito como un empaque conveniente a la vista del consumidor. Las principales ventajas que presentaban eran su reutilización, facilidad de remoción y mejor vida de anaquel; sus desventajas: empaques holgados con una separación de rebanadas aparente que son difíciles de manejar, transportar y apilar.

*(Sacharow, 1980)*

### **3.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y DE RESISTENCIA DE MATERIALES.**

Los principales agentes de alteración de los alimentos durante su almacenamiento son:

1. Fuerzas mecánicas ( de impacto, vibración, compresión o abrasión),
2. condiciones ambientales, que pueden provocar transformaciones químicas y físicas (luz ultravioleta, humedad, oxígeno, fluctuaciones de temperatura),
3. contaminación (por microorganismos, insectos o tierra), y

#### 4. manipulación de envases, violación de cierres y hurtos de contenido y adulteración.

El envase constituye una barrera entre el alimento y el medio ambiente, que se opone a la transmisión de la luz, el calor, la humedad, los gases y la eventual contaminación por microorganismos o insectos.

##### LUZ.

Aquellos envases que deben mostrar el contenido deberán permitir el paso de la luz, pero aquellos alimentos susceptibles de alteración deben impedirlo. El cloruro de polivinilideno transmite la luz visible pero absorbe la luz ultravioleta.

##### CALOR.

La capacidad aislante del envase depende de su conductividad térmica y de su reflectividad. Los materiales con baja conductividad térmica (papel, cartón, poliestireno o poliuretano) aíslan del calor transmitido por conducción; y los materiales reflectantes (papel aluminio) del transmitido por radiación.

##### VAPOR DE AGUA Y GASES.

La transferencia de vapor de agua, oxígeno y anhídrido carbónico es de una importancia crítica en alimentos mantenidos en refrigeración y los envasados en atmósferas modificadas, ya que de ello depende su vida útil.

La permeabilidad de un envase depende, tanto de la película que lo constituye como del gas o vapor en cuestión. El grosor, la composición química, la estructura y la orientación de las moléculas del material de envasado determinan su grado de permeabilidad. Los plastificantes y pigmentos afectan la cohesión de la estructura de la película aumentando su permeabilidad. La relación entre la temperatura y la permeabilidad es también logarítmica, por lo que, cuando se habla de permeabilidad es preciso mencionar también, tanto la temperatura como la humedad relativa de la atmósfera en la que se realizan las medidas.

#### MICROORGANISMOS.

Los materiales de envasado intactos impiden el paso de los microorganismos. Sin embargo, los cierres y costuras constituyen siempre un riesgo potencial de contaminación; los envases cuya boca se ha cerrado por plegado, grapado o torsión, no pueden considerarse envases realmente herméticos. Las principales causas de contaminación microbiana de los alimentos adecuadamente procesados son:

1. La aspiración de agua o aire a través de poros al formarse el vacío en el espacio de cabeza durante el enfriamiento.
2. La contaminación de los cierres termosellados con producto,
3. la inadecuada colocación de las tapas, y
4. defectos en el material de envasado, como arrugas o raspaduras.

## RESISTENCIA MECANICA.

La capacidad de los envases para proteger al alimento contra posibles daños mecánicos se mide por:

1. La fuerza de tensión,
2. el módulo de Young,
3. elongación por fracción,
4. tensión límite de fluencia, y
5. la fuerza de impacto (fuerza que es preciso ejercer para penetrar en el material).

Cada uno de estos factores se halla influenciado por la temperatura del material y el tiempo durante el cual se aplica la fuerza. La estructura molecular de las películas de polímeros se ordena de forma distinta dependiendo del tipo de película y método de fabricación. Por tanto, todas estas propiedades se miden en ambas direcciones, a lo largo y a lo ancho. La orientación de las moléculas en una dirección, uniaxial; o en ambas direcciones, biaxial, mejora las propiedades mecánicas de algunas películas. *(Fellows, 1994)*

### 3.3. MATERIALES DE ENVASADO RECOMENDADOS.

Un punto importante a considerar, es que; para ser comerciales, los materiales de barrera deben tener un desempeño competitivo en cuanto a costo.

Los materiales de barrera típicos contienen un sustrato, generalmente poliéster, polipropileno, o nylon.

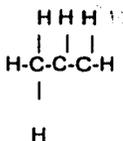
Los componentes de barrera a gases son típicamente etil-vinil alcohol (VEOH) o cloruro de polivinilideno (PVDC) cubiertos o coextruidos con el sustrato.

El VEOH tiene excelentes propiedades de barrera al oxígeno, pero sus propiedades sufren deterioro al aumentar la humedad. Por el contrario; aunque el PVDC no es tan buena barrera al oxígeno como el VEOH a bajas humedades relativas, no cambia sus propiedades de barrera a los gases al cambiar la humedad, y de hecho presenta barreras al gas mejoradas a humedades altas.

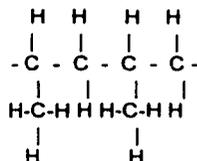
*(Brody, 2000b)*

#### POLIPROPILENO (PP).

El polipropileno es una molécula de gran tamaño construida mediante la repetición de unidades químicas de propileno.



Monómero



Molécula.

El polipropileno orientado (OPP) es una película traslúcida y brillante, con buenas propiedades ópticas y muy resistente a la tensión y punción. Es bastante impermeable al vapor de agua, los gases y los olores y no le afectan los cambios en la humedad ambiental. Es termoplástica, por lo que puede estirarse, aunque menos que el polietileno; y su coeficiente de fricción es bajo, por lo que no se carga de electricidad estática, haciéndola muy adecuada para las instalaciones de llenado a alta velocidad. (Fellows, 1994)

La orientación del polipropileno da como resultado una película extremadamente rígida y flexible con una barrera a la humedad, una óptica y una resistencia al agrietamiento por flexión sobresalientes. La mayor rigidez se relaciona directamente con su mejor maquinabilidad. El OPP puede modificarse para proporcionar niveles específicos de sellabilidad térmica, opacidad, coeficiente de fricción, barrera al gas y receptividad de superficie a las tintas, cubiertas y adhesivos. Todo esto está disponible en una película con el menor peso específico y el mayor rendimiento entre todas las películas plásticas existentes en el mercado. En el cuadro 8 se presenta una comparación de propiedades entre el propileno no orientado y el propileno orientado.

ESTA TESIS NO SALI.  
DE LA BIBLIOTECA

Cuadro No. 8: Efectos de la orientación en el polipropileno.

	PP No Orientado	PP Orientado
Extensibilidad	Alta	Muy baja
Velocidad de Transmisión del vapor de agua	1.0 gms/100 in <sup>2</sup> /24 hrs.	0.32 gms/100 in <sup>2</sup> /24 hrs.
Rígidez (modulo)	Muy baja	Alta casi como el celofán
Fuerza de propagación	Alta	Muy baja
Rasgado direccional		Alto
Sellabilidad térmica	Si 350-450°C	No Distorsionada
Densidad	0.902	0.902
Óptica (empañamiento)	Excelente 0.5-1.0	Excelente 0.5-1.0
Receptividad de superficie a tintas, Adhesivos, Revestimientos	Baja	Baja
Barreras al oxígeno	Mala	Mala

Rodríguez, 1997

Así como el polipropileno tiene muchas ventajas, también presenta algunas desventajas; como son que tiene un alto coeficiente de fricción, poca receptividad de superficie; no es una buena barrera al oxígeno y no sella en caliente. Una de las modificaciones que se hacen al OPP para eliminar estos problemas es agregarle cubiertas para proporcionar sellabilidad térmica, controlar el coeficiente de fricción y obtener una mejor barrera al oxígeno.

En la figura 4 se esquematiza al OPP con una cubierta de PVdC ; así como las características de esta película compuesta.

**Cubierta PVDC**

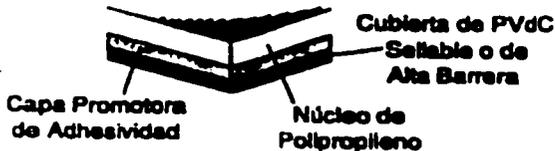


Figura No.4: OPP recubierto con PVdC.  
*Rodríguez, 1997*

Este complejo tiene las siguientes características:

Sellable con calor entre 210°F y 300°F

Excelente receptividad de superficie.

Buena maquinabilidad.

Buena Adhesividad en caliente.

Barrera al oxígeno mejorada.

Barrera a sabores y aromas.

Vel. De transmisión de vapor de agua de 0.32 g/100 in<sup>2</sup>/día a 90% HR 100°C

Vel de transmisión de O<sub>2</sub> de 0.4 cc/100 in<sup>2</sup>/día/atm a 68°F.

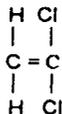
*(Hirsch, 1991)*

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CLORURO DE POLIVINILIDENO (PVDC)

Este es un polímero único. Se obtiene de la copolimerización del cloruro de vinilideno (VDC) con otros comonómeros tales como el cloruro de vinilo. Aunque el producto es universalmente conocido como PVDC; éste es un nombre inadecuado puesto que en aplicaciones de envasado siempre se usa en forma de copolímero. Su configuración molecular le proporciona algunas propiedades muy deseables. La simetría de la molécula permite un envasado ajustado y es la responsable de su alta densidad (1.6-1.8 gr/cc). La molécula es muy inerte debido a que el 73% del peso del polímero corresponde al cloruro.

*(Jenkins, 1991)*



Estructura del VDC

La película de este material sin recubrimiento es muy impermeable a los gases y el vapor de agua. Es resistente a las grasas y no se funde en contacto con grasas calientes. El cloruro de polivinilideno se emplea también como material de recubrimiento de otras películas o incluso botellas, con objeto de mejorar su impermeabilidad.

*(Rodríguez, 1997)*

## CONCLUSIONES

En el trabajo realizado se encontró que la mejor mezcla de gases a emplear en el envasado en atmósfera modificada de pan blanco es  $\text{CO}_2:\text{N}_2$  en proporciones iguales 50%-50%; o bien, se puede emplear la misma mezcla con una mayor proporción de  $\text{CO}_2$ .

En lo referente a la selección de la película plástica, la mejor opción para MAP consiste en una película compuesta; teniendo que los principales materiales empleados como cubiertas son el VEOH y el PVDC; éste último es el más indicado puesto que tiene excelentes propiedades de barrera al oxígeno, a los gases y al vapor de agua, así como buena maquinabilidad, y sus propiedades no se ven modificadas con cambios en la humedad. El PVDC raramente se encuentra sólo en la industria de envases para alimentos por lo que es necesario usar un material como sustrato, aquí se propone el polipropileno.

Dentro de lo más relevante en este trabajo, destaco el hecho de que al someter al pan blanco a MAP, se logra retardar las principales vías de deterioro del pan, la retrogradación del almidón y el envejecimiento, que producen grandes pérdidas al causar que el pan pierda las características de frescura propias de este producto. Este aspecto de MAP le da grandes ventajas sobre otros métodos de conservación de pan. Mediante el envasado en atmósfera modificada se logra un aumento significativo de la vida de anaquel sin el uso de

conservadores químicos. Además, se tiene la ventaja de que se puede atraer a un grupo de consumidores determinado que se preocupa por su salud y busca consumir productos nutritivos, frescos y sin agentes químicos que puedan resultar dañinos al organismo a largo plazo.

Este trabajo se puede aplicar a la industria del pan blanco en México; sin embargo, sería conveniente ahondar más en otras posibles concentraciones de gases a emplear, otras opciones de materiales de envase, y quizás, se podría llevar al cabo un estudio experimental en México para saber con certeza las condiciones óptimas de envasado de pan blanco en atmósfera modificada en nuestro país.

También sería conveniente realizar un estudio económico para poder elegir las mejores condiciones de proceso y estimar el tiempo de recuperación de una inversión de este tipo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. **AUTIO, K. Y T. Laurikainen. 1997. Relationships between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties. Trends food sci. tech. 8:(6), 181-185.**
2. **BRODY, A.L. 1996. Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío. Ed. Acribia, S.A. España.**
3. **BRODY, A.L. 2000a. Smart Packaging Becomes Intellipac. Food Technology. 54: (6), 104-107.**
4. **BRODY, A.L. 2000b. New Food Packaging Polymer and Processing Techniques. Food Technology. 54: (12), 72-74.**
5. **BUREAU, G. Y J.L. Multon. 1996. Food Packaging Technology. Vol. 2. VHC Publishers, Inc. USA.**
6. **CAUVAIN, S.P. 1998. Improving the control of staling in frozen bakery products. Trends in food science and technology. 9, 56-61.**
7. **DESROSIER, N.W. 1999. Elementos de Tecnología en Alimentos. Cía. Editorial Continental, S.A. de C.V. México.**

8. FELLOWS, P. 1994. Tecnología del procesamiento de los alimentos, principios y prácticas. Ed. Acribia, S.A. España.
9. HIRSCH, A. 1991. Flexible food packaging: questions and answers. Ed. Van Nostrand Reinhold. U.S.A.
10. JENKINS, W.A. y J.P. Harrington. 1991. Packaging foods with plastics. Ed. Technomic Publishing Co, Inc. U.S.A.
11. KNORR, D. y Tomkins, R.I. 1985. Effect of carbon dioxide modified atmospheres on the compressibility of stored bakery products. J. Food Sci. 50, 1172.
12. MULLER, H.G. y G. Tobin. 1982. Nutrición y ciencia de los alimentos. Ed. Acribia. España.
13. NIELSEN, P.V. y R. Rios. 2000. Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil. Int. Journal of Food Microbiology. 60, 219-229.

14. PARRY, R.T. (Ed). 1993. Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. Blackie academic & professional. Londres.
15. PARRY, R.T. (Ed.). 1995. Envasado de los alimentos en atmósfera modificada. A. Madrid Vicente, Ediciones. España.
16. PERGIOVANNI, L. Y P. Fava. 1997. Minimizing the residual oxygen in modified atmosphere packaging of bakery products. Food Additives and contaminants. 14 (6-7). 765-773.
17. Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996. Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas o sus mezclas y productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
18. QUAGLIA, G. 1991. Ciencia y Tecnología de la Panificación. 2ª. Ed. Acriba, S.A. España.
19. ROBERTSON, G.L., 1993. Food Packaging, Principles and Practice. Ed. Por Harold A. Hughes. Marcel Dekker, Inc. USA. (A series of Reference Books).

20. RODRIGUEZ, J.T. (COORD.). 1997. Memorias del diplomado Ingeniería y Diseño de Envases y Embalajes. Tomo III. 3°. Packaging. México.
21. RODRÍGUEZ, M., et al. 2000. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of sliced wheat flour bread. Nahrung. 44 (4), 247-252.
22. SACHAROW, S. Y Griffin, R.C. 1980. Principles of Food Packaging. 2a. AVI Publishing Company. E.U.A.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN