



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Estudios Superiores CUAUTITLAN

**" ENVASES PARA EL MANEJO DE ALIMENTOS
REFRIGERADOS Y CONGELADOS "**

T E S I S
Que para obtener el titulo de
INGENIERO EN ALIMENTOS
p r e s e n t a
JUAN / GARCIA MORENO

Asesor: I.A. ALFREDO ALVAREZ CARDENAS

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



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

Al: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos,
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 20 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Invasas para el manejo de Alimentos Refrigerados y Congelados"

que presenta el pasante Juan García Moreno

con número de cuenta: 25007204 para obtener el TITULO de:
Ingeniero en Alimentos.

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

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

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 Cuautitlán Izcalli, Edo. de Mex., a 20 de Junio de 1996

PRESIDENTE	<u>L.Q. Fernando Maya Servín</u>
VOCAL	<u>L.B.Q. Jaime Flores Minutti</u>
SECRETARIO	<u>L.A. Alfredo Alvarez Cardenas</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>DR. José Luis Arjona Román</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>L.A. Laura M. Cortazar Figueroa</u>

AGRADECIMIENTOS:

**Primeramente a dios por dejarme
terminar esta etapa tan importante
en mi vida.**

**Agradezco especialmente a mi asesor
de tesis por su asesoría y apoyo en la
elaboración de este trabajo.**

**Agradezco al Profesor José Luis Arjona
por su asesoría y disponibilidad para la
elaboración de este trabajo.**

**Agradezco a los Profesores Fernando Maya,
Jaime Flores y Laura M. Cortazar por su
asesoría en la elaboración de este trabajo.**

**Agradezco en general a todos los sinodales
por su participación en la realización de
este trabajo.**

A MI MADRE:

Por su apoyo moral y económico
durante el transcurso de mi carrera.

A MIS HERMANOS:

Por su confianza y apoyo
demostrado en todo este tiempo.

A MARTHA:

Por su apoyo incondicional
en toda mi etapa como estudiante.

	Página.
INDICE.	
RESUMEN.	
INTRODUCCION.	
I. GENERALIDADES.	
1.1 Metodos de conservacion de los alimentos.	1
1.2 Alteración de los alimentos.	3
1.2.1. Carne.	3
1.2.2. Carne de aves.	4
1.2.3. Pescado.	5
1.2.4. Frutas y Hortalizas.	6
1.2.6. Lácteos.	6
1.3 Objetivos y funciones de los envases.	9
1.4 Características de los materiales de envase.	11
1.5 Características de envase para el manejo de alimentos refrigerados y congelados.	
1.5.1. Características generales.	15
1.5.2. Características particulares.	16
1.5.2.1. Carne.	17
1.5.2.2. Carne de aves.	18
1.5.2.3. Pescado.	18
1.5.2.4. Frutas.	19
1.5.2.5. Hortalizas.	20
1.5.2.6. Alimentos precocidos.	21
1.5.2.7. Productos lácteos.	22
1.6. Interacción alimento-envase.	24
II. MATERIALES PLASTICOS PARA EL ENVASADO DE ALIMENTOS REFRIGERADOS Y CONGELADOS.	
2.1. Importancia.	34
2.2. Clasificación.	
2.2.1. Termoplásticos.	35
2.2.2. Termofijos.	37
2.3. Principales procesos de transformación de los plásticos.	
2.3.1. Proceso de calandrado.	37

2.3.2.	Proceso de extrucción.	38
2.3.3.	Proceso de termoconformado.	40
2.3.4.	Proceso de extrucción-soplado.	42
2.4.	Características de los plásticos como material de envase.	43
2.5.	Plásticos utilizados en el envasado de alimentos refrigerados y congelados.	
2.5.1.	Poliétileno.	
2.5.1.1.	De baja densidad.	46
2.5.1.2.	De alta densidad.	51
2.5.2.	Polipropileno.	56
2.5.3.	Cloruro de polivinilo.	60
2.5.4.	Cloruro de polivinilideno.	66
2.5.5.	Tereftalato de polietileno.	70
2.5.6.	Etilen vinil-alcohol.	74
2.5.7.	Poliámidá (nylón-6).	77

III. CAJAS PLEGADIZAS

3.1.	Fabricación de papel.	83
3.2.	Papeles y cartones empleados en el envasado de alimentos.	88
3.3.	Cajas plegadizas.	90
3.3.1.	Recubrimiento utilizados en los envases plegables.	92
3.3.2.	Tipos de cajas plegadizas.	93
3.4.	Usos de envases plegables.	97

IV. PANORAMA Y PERSPECTIVAS DEL CONSUMO DE MATERIALES EMPLEADOS EN EL MANEJO DE ALIMENTOS REFRIGERADOS Y CONGELADOS.

4.1.	Poliétileno de baja densidad.	
4.1.1.	Escenario del mercado.	100
4.1.2.	Consumo por sectores.	102
4.2.	Poliétileno de alta densidad.	
4.2.1.	Escenario del mercado.	103
4.2.2.	Consumo por sectores.	105
4.3.	Polipropileno.	
4.3.1.	Escenario del mercado.	106

4.3.2. Consumo por sectores.	108
4.4. Cloruro de polivinilo.	
4.4.1. Escenario del mercado.	109
4.4.2. Consumo por sectores.	111
4.5. Tereftalato de polietileno.	
4.5.1. Escenario del mercado.	112
4.6. Poliamidas.	
4.6.1. Escenario del mercado.	113
4.6.2. Consumo por sectores.	114
CONCLUSIONES.	117
BIBLIOGRAFIA.	119
ANEXO: Propiedades de películas plásticas.	123

INDICE DE TABLAS.

1) Migración de componentes del plástico al alimento.	25
2) Permeabilidad a los gases de diferentes plásticos a los gases y al agua.	29
3) Energía de activación de materiales plásticos.	30
4) Permeación de materiales a la humedad.	31
5) Permeación de plásticos a vapores orgánicos.	33
6) Coeficiente de solubilidad de películas plásticas.	33
7) Permeabilidad al oxígeno a través de diferentes polímeros.	75
8) Permeabilidad al vapor de agua a través de diferentes polímeros.	76
9) Propiedades de las poliamidas.	79
10) Influencia de la humedad relativa en las propiedades de las poliamidas.	80
11) Panorama del consumo aparente de los plásticos.	99
12) Información del mercado del PEBD en México.	101
13) Participación y tendencia en el consumo del PEBD.	102
14) Panorama en el mercado del PEAD en México.	104
15) Participación y tendencia en el consumo del PEAD.	105
16) Panorama en el mercado del PP.	107
17) Participación y tendencia en el consumo del PP.	108
18) Panorama en el mercado del PVC.	110
19) Participación y tendencia en el consumo del PVC.	111
20) Panorama en el mercado del PET.	112
21) Panorama en el mercado de poliamidas.	114
22) Participación y tendencia en el consumo de las poliamidas.	115

INDICE DE FIGURAS.

1) Influencia de la densidad en la resistencia de los plásticos.	12
2) Variaciones de la permeabilidad a los gases con el aumento de la densidad de los plásticos.	13
3) Calandreado.	38
4) Estrusor de películas.	39
5) Termocomformado.	41
6) Extrusión-soplado.	42
7) Tiempos de batido de la pulpa del papel.	84
8) Máquina Fourdrinier.	86

9) Máquina de Cilindros.	87
10) Nomenclatura de las cajas plegables.	93
11) Envase plegable tipo "Gled-End".	94
12) Envase plegable tipo "Tuck-End".	95
13) Envase plegable tipo "Seal-End".	95
14) Envase plegable tipo "Lock-End".	96
15) Envase plegable tipo "Open-Top".	96
16) Envase plegable tipo "Lock-Bottom".	97

INDICE DE GRAFICAS.

1) Tendencias del consumo en 1994.	100
2) Segmentación del consumo del PEBD en México.	103
3) Segmentación del consumo del PEAD en México.	106
4) Segmentación del consumo del PP en México.	109
5) Segmentación del consumo del PVC en México.	111
6) Segmentación del consumo de Poliamidas en México.	115

RESUMEN

El presente trabajo está dividido en cuatro partes: I) Generalidades: en esta parte se describen los métodos de conservación de los alimentos haciendo principal énfasis en la refrigeración y congelación, las alteraciones sufridas por los alimentos principalmente las de origen microbiano, no restándole importancia a las de origen no microbiano. Dentro de esta misma parte, también se describen las funciones, objetivos y características de los envases, especificando para cada alimento en particular los materiales utilizados, por lo cual esta parte es importante, ya que nos define cuales son los materiales utilizados en los alimentos refrigerados y congelados (carne, carne de aves, pescado, frutas y hortalizas, alimentos precocidos y productos lácteos). Al final se hace mención de las diferentes interacciones internas que se llevan a cabo entre el alimento y el envase. II) Envases plásticos: en la segunda parte se describen los principales materiales plásticos utilizados (polietileno de alta y baja densidad, polipropileno, cloruro de polivinilo, cloruro de polivinilideno, teretálato de polietileno, etilén vinil-alcohol y poliámidas). III) Envases plegables: en esta parte, primero se describe el proceso de fabricación del cartón, posteriormente se menciona los diferentes papeles y cartones utilizados en el envasado de alimentos, siendo el más importante el papel "kraft", por último se describen y esquematizan los tipos de envases más utilizados dentro de la industria de alimentos, al igual que se menciona su uso en el manejo de alimentos refrigerados y congelados. IV) Panorama y perspectivas del consumo de materiales para envases en México: por último, en esta parte se define cual es el plástico de mayor consumo y sus perspectivas en México, al igual que se muestra su tendencia de consumo como envase.

INTRODUCCION

El envase es uno de los más importantes elementos que contribuyen al éxito de los alimentos refrigerados y congelados, lo anterior por su capacidad de diferenciación con los productos que lo compiten directamente en el anaquel, y por que desde el anaquel realiza directamente la función de preservar y conservar las características y calidad del producto.

Actualmente la totalidad de los productos alimenticios se presentan envasados, los años noventas han marcado un nuevo enfoque; de una simple herramienta de presentación; el envase se ha convertido en un medio para vender mejor; en la actualidad existen grandes desperdicios de alimento, debido a inadecuado almacenamiento, transporte y envasado. En los hogares las pérdidas de alimentos, son significativamente superiores a las de las industrias, los residuos de estos, deben eliminarse mediante el empleo adecuado de los diferentes tipos de envases existentes.

A nivel mundial la creciente necesidad de contener, proteger, consumir, comercializar y distribuir los alimentos refrigerados y congelados, crean la necesidad de conocer cuales son los envases existentes para dichos productos. Para poder realizar las operaciones antes mencionadas con éxito se hace obvia la necesidad de generar y transmitir los conocimientos de la tecnología de envases y de los materiales utilizados, además que hace posible la selección de un envase que se adapte al producto para alargar su vida útil.

Existen envases de diversos materiales que pueden ser utilizados para alimentos refrigerados y congelados; en el presente trabajo se analizarán con más detalle los plásticos, pasando en segundo término los envases elaborados con cartón, estos materiales han resultado adecuados para la protección y presentación de una gran multitud de productos alimenticios.

Es inútil fabricar productos con buena calidad, si no se asegura que, desde su terminación hasta el usuario final, pasando por varias etapas de almacenaje y transporte, a través de un manejo, que no

siempre es el mejor, se mantenga esa calidad intacta, para lo cual están diseñados los diversos envases, de acuerdo con cada tipo de producto.

En el papel y el cartón se ha encontrado un material base para la elaboración de envases en diversos tipos que resultan adecuados, tanto para garantizar la protección de los alimentos, así como para que se considere conveniente; como la descripción del producto, indicaciones sobre el uso y cualquier otro dato que sea necesario.

En el mercado de la industria de cartón y plástico en México se ha ido incrementando la producción, además que se a observado una amplia diversificación de envases que han ayudado a conservar su calidad y características propias. El desarrollo en el campo de la industria del envasado y su procesamiento están diseñadas para ofrecer buenas soluciones, tanto en lo económico como en lo ecológico.

JUSTIFICACION

Los diferentes tipos de envases cumplen diversas funciones al emplearse en alimentos, tales como el estético, darles una adecuada protección contra el medio que los rodea para evitar una modificación en sus características sensoriales, les imparte presentación, que en la mayoría de las ocasiones es importante para su comercialización.

La conservación de los alimentos apoyada en sistemas de envasado adecuado, puede alargar la vida útil de los alimentos, lo cual es necesario ya que la mayoría de los alimentos refrigerados y congelados son de tipo perecedero, por lo cual se deben proteger adecuadamente

Es importante saber que no todos los envases para alimentos pueden ser utilizados propiamente para productos refrigerados y congelados, ya que cada uno tiene características y propiedades que delimitan su uso.

El trabajo realizado tiene como objetivo elaborar una tesis que brinde a la Institución Universitaria y en particular a los futuros Ingenieros en Alimentos, un documento práctico sobre los principales materiales de envases utilizados en el manejo de alimentos refrigerados y congelados.

OBJETIVOS

GENERAL:

Análisis y acción de las perspectivas de los materiales utilizados para la elaboración de diferentes tipos de envases, que nos permitirán dar criterios para su elección en el manejo de alimentos refrigerados y congelados.

PARTICULAR:

A) Analizar las propiedades de los envases para productos refrigerados y congelados, que nos darán la pauta para ser utilizados dentro de la Industria de Alimentos.

B) Efectuar un análisis de las perspectivas de los tipos de materiales aprovechados en la elaboración de envases, permitiéndonos dar criterios para su elección en el manejo de alimentos refrigerados y congelados.

CAPITULO

I

CAPITULO I. GENERALIDADES.**1.1 Métodos de conservación de los alimentos.**

Cuando se hace énfasis sobre la conservación de los alimentos, se puede pensar en todo aquel procedimiento que pretenda proteger las cualidades más importantes de un producto, en base al conocimiento de sus principales alteraciones, las cuales están dadas por las características y condiciones en las que se encuentra el producto, dando lugar a la estructura y desarrollo de las diferentes tecnologías existentes en la época actual, pretendiendo proporcionar al producto un valor agregado y condiciones de estabilidad por periodos más prolongados.

En la actualidad se cuenta con diferentes métodos de conservación de alimentos, la aplicación de cada uno de ellos va a obedecer en un producto alimenticio a que este presenta generalmente una alta sensibilidad a alteraciones de diversa índole.

1) Métodos físicos.

- a) Aplicación de calor: escaldado, esterilización, pasteurización, secado y ultrapasteurización, entre otros.
- b) Aplicación de frío: congelación, refrigeración, liofilización.
- c) Eliminación de agua: deshidratación.

2) Métodos químicos.

- a) Acidificación.
- b) salado.
- c) Ahumado.
- d) Aplicación de conservadores.

3) Métodos biológicos.

Empleo de microorganismos específicos para lograr fermentaciones de diferentes tipos; ácida, alcohólica, láctica. (63,3)

En los métodos de conservación en los cuales se hará un mayor énfasis debido a la importancia que tienen para la elaboración de este trabajo son la congelación y refrigeración de los alimentos, los cuales pertenecen a los métodos físicos.

a) Refrigeración.

Los microorganismos no se multiplican a bajas temperaturas con la misma rapidez que a temperaturas normales, esto se aprovecha en los refrigeradores domésticos que se utilizan para conservar los alimentos durante cortos tiempos. Las temperaturas de refrigeración generalmente oscilan entre 0° C y 18° C, la cual es suficiente para enfriar al producto y reducir la actividad de los microorganismos pero insuficiente para proporcionar una vida de almacenamiento larga, esto se debe a que los microorganismos no mueren y son todavía capaces de crecer y reproducirse pero con mayor lentitud (29)

La refrigeración se puede emplear para enfriamiento de líquidos, para preenfriamiento del producto alimenticio, en almacenes frigoríficos, es utilizable para la casi totalidad de los productos alimenticios

El plazo de conservación en este proceso esta limitado en función de las temperaturas y de la naturaleza de los productos a refrigerar, los cuales son conservados raramente mas de 72 horas en el expositor al momento de ser comercializados. En distribución el tratamiento por frío, refrigeración es a menudo llamado frío positivo (32)

b) Congelación.

La refrigeración en las inmediaciones de 5° C permite almacenar los alimentos durante cortos períodos, éstos deben congelarse y almacenarse a una baja temperatura en caso de que se requieran un almacenamiento a largo plazo. Los microorganismos que constituyen los agentes principales de la descomposición, se inactivan a alrededor de -10° C mientras que las enzimas, que causan la

descomposición química y la consecuente pérdida de calidad, se inactivan en gran parte por debajo de -18°C pero comercialmente se emplea una temperatura de -20°C para asegurar una alta calidad y una larga vida en el almacenamiento. (29)

La congelación consiste en enfriar, congelar y mantener un producto a una temperatura inferior a la de la refrigeración, las temperaturas empleadas están en función del tipo de congelación que se lleva a cabo, si es una congelación lenta va de 0°C a -18°C , la cual se emplea para la congelación de alimentos en almacenes frigoríficos. La congelación rápida aplica temperaturas que van de -20°C a -50°C . (58)

Durante la congelación rápida, se forman minúsculos cristales de hielo dentro de las vacuolas y como disponen de poco tiempo para crecer no distorsionan la estructura celular, por consiguiente si la congelación es lenta, se empiezan a formar espacios intercelulares fuera de las paredes de la célula y conforme crecen extraen agua del interior de las células dejándolas deshidratadas y distorsionadas. (29)

1.2 Alteración de los alimentos.

Para el hombre el consumo de los alimentos ha sido esencial y en su evolución debida a la alta perecibilidad y la susceptibilidad a alteraciones de los mismos para fines de consumo e intercambio comercial se han desarrollado diferentes medios, formas y procedimientos para ayudar a conservar la calidad del alimento y alargar su vida de anaquel.

1.2.1 Carne.

La carne cruda se halla sujeta a las alteraciones sufridas por sus propias enzimas y las ocasionadas por su actividad bacteriana. Su grasa puede oxidarse químicamente. Para hacer más blanda la carne de vacuno es conveniente un cierto grado de autólisis, lo que se consigue colgando o envejeciendo las piezas, sin embargo en algunas otras carnes no se suele estimular este proceso. Los cambios producidos

por la autólisis incluyen cierto grado de acción proteolítica sobre los músculos y tejido conjuntivo y una ligera hidrólisis de las grasas. La autólisis excesiva determina el agriado. (30)

Algunos de los microorganismos que atacan a la carne, son la asociación *Pseudomonas-Acinetobacter-Moraxella* la cual es responsable de las alteraciones incipientes a temperaturas de refrigeración.

El *Clostridium perfringens* provoca la putrefacción profunda, en la cual se destaca la aparición de gas y una coloración roja cuprosa en parte brillante del tejido muscular, acompañado de un olor pútrido. (36,9)

1.2.2 Carne de aves.

Las enzimas contribuyen a la alteración de las aves terminadas, la causa principal son las bacterias, principalmente las procedentes del tubo digestivo. La mayor parte del crecimiento bacteriano tiene lugar sobre la superficie, como son la piel, las paredes de la cavidad abdominal y las superficies de corte, difundiendo los productos de descomposición lentamente hacia la carne. Las aves evisceradas mantenidas a 10°C ó temperaturas inferiores se alteran principalmente por especies de *Pseudomonas* y en menor grado por levaduras, como *Torulopsis* y *Rhodotorula*. Por encima de 10°C en general predominan los micrococcos. Al cabo de un cierto tiempo, la superficie de la carne se vuelve viscosa.

Durante el almacenamiento en refrigeración tienen lugar, en las carnes de aves, cambios químicos ajenos a los producidos por microorganismos que pueden reducir su calidad, como son las quemaduras por el frío, que se manifiestan con la aparición de coloraciones locales puntiformes o como áreas superficiales de tono gris blanquecino, castaño grisáceo ó amarillento, esto se debe a que el agua presente en forma de microcristales se sublima y abandona los tejidos. Con ello se conserva la textura primitiva, mientras los diminutos huecos en los que se encontraban antes los microcristales de hielo se llenan de aire.

El tamaño de estos espacios queda dentro de la longitud de onda de la luz visible, con la que modifica el aspecto óptico de las porciones afectadas que resultan más claras. (36)

1.2.3 Pescado.

El pescado al igual que la carne puede alterarse por oxidación, autólisis y actividad bacteriana. La mayor parte de los pescados son más susceptibles a deteriorarse que la carne por que la autólisis, o acción de las enzimas, esta es más rápida debido a que su reacción que es menos ácida favorece el desarrollo bacteriano. Las alteraciones microbianas de los pescados no comienzan hasta pasado el rigor mortis, cuando las fibras musculares empiezan a liberar su jugo. Cuanto más se retrase este momento, mayor será el tiempo de conservación del mismo. El rigor mortis se ve favorecido por las sacudidas previas a la muerte, la falta de oxígeno y una temperatura elevada, y se retrasa por un pH bajo o la conservación en refrigeración.(30)

El pescado congelado almacenado se altera a velocidades que dependen de la calidad del pescado original, las condiciones de almacenamiento y la calidad del envase. Estos cambios se detectan fácilmente al descongelar y cocinar el pescado y comprenden desde la quemadura del frío, desecación y dureza al cocinarlo y desarrollo de sabor al frigorífico.(39)

En los pescados al principio predominan especies de *Pseudomona* y *Moraxella*, a las que sobreponen especies de *Bacillus* y *Micrococcus*, *Achromobacter* y *Flavobacterium* cuando se dan las condiciones de almacenamiento pertinentes. En el pescado que se mantiene en refrigeración suele aumentar el número de *Pseudomonas*, mientras que el de *Achromobacter* disminuye y el *Flavobacterium* aumenta al principio, para disminuir mas tarde. Las bacterias crecen primero en la superficie y después penetra en la masa muscular. Durante las alteraciones pueden originarse coloraciones anormales. *Pseudomonas fluorescens*, los micrococcos amarillos y otros géneros, determinan la aparición de colores, que varían entre el amarillo y el amarillo verdoso; *Sarcina*, *Micrococcus* y *Bacillus* pueden producir una coloración roja o rosada, que a veces se debe también a mohos y levaduras. (36)

1.2.4 Frutas y hortalizas.

Las alteraciones sufridas por las hortalizas y frutos crudos pueden ser debido a causas físicas, a la acción de sus propias enzimas, a la acción microbiana o la combinación de varios factores. La alteración mecánica causada por aves, insectos u otros animales, o debidas a golpes, cortes, congelación, desecación, predisponen a la acción enzimática y a la invasión microbiana. La existencia de condiciones ambientales poco adecuadas durante la recolección, transporte, almacenamiento y venta también favorece la alteración. Las enzimas vegetales continúan activas en los alimentos vegetales crudos. Si hay oxígeno disponible, las células vegetales siguen respirando en tanto continúen vivas, y las enzimas hidrolíticas pueden continuar activas incluso después de la muerte de la célula. (30)

Las alteraciones microbianas pueden ser debidas: a) a la acción de gérmenes patógenos sobre las hojas, tallos, raíces, flores o fruto, b) a los microorganismos saprofitos, que pueden sufrir una invasión secundaria consecutiva a la acción de los patógenos o penetrar en una fruta u hortaliza sana. Se llevan acabo alteraciones como podredumbres, las cuales son ocasionadas por *Erwinia carotovora* ó el *Rhizopus*, otra alteración es la antracnosis, producida por *Colletotrichum lindemuthianum*; produce manchas negras en las hojas, frutos y vainas de legumbres. (9,30)

1.2.5 Productos lácteos.**a) Leche.**

La leche puede sufrir alteraciones del equipo del ordeño, de los manipuladores, por los microorganismos que puede presentarse en torno a la ubre, tales como: *Pseudomonas*, *Acinetobacter/Moracella*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* y *Coliformes*.

Dado que la leche es un medio de crecimiento ideal para las bacterias, debe enfriarse tan rápido como sea posible, la acidificación o cortado de la leche a las temperaturas corrientes, se debe a las bacterias lácticas que crecen preferentemente a temperaturas mayores de 10°C. Estas bacterias originan ácido y más tarde a la coagulación de la leche. La mayoría de estas bacterias se destruyen por

pasterización (72°C/15 seg.), pero algunas termodúricas sobreviven como es el caso del *Streptococcus thermophilus*, pudiendo causar problemas después de la pasterización.

En la actualidad son los Psicrótrofos, sobre todo *Pseudomonas*, las principales responsables de los problemas alterativos. Las bacterias Psicrótrofas que proceden originalmente del suelo y el agua, se aislan frecuentemente en el equipo de ordeño de la granja, de las conducciones y de las cisternas de transporte. La refrigeración ineficiente o el retraso en el enfriamiento de la leche aumenta la proporción de Psicrótrofos, pero su crecimiento continúa, aunque más lentamente a las temperaturas de almacenamiento recomendadas para la leche cruda (3-7 °C). (40)

Las especies formadoras de gases más importantes son las bacterias coliformes, especies de *Clostridium*, especies del género *Bacillus* formadoras de gas, que liberan hidrógeno y bióxido de carbono y las levaduras. En la leche cruda los gérmenes productores de gas con más probabilidad de multiplicarse son los coliformes

La hidrólisis de las proteínas por acción microbiana se acompaña en general de la producción de un sabor amargo. La proteólisis, está favorecida por el almacenamiento a temperaturas bajas, por la destrucción, por el calor de gérmenes lácticos y por la destrucción del ácido formado en la leche por acción de mohos y levaduras

b) Mantequilla.

La mantequilla, comparativamente con otros es un producto microbiológicamente estable, ya que contiene poca humedad (15%) y mucha grasa (80%). Su alteración microbiana se debe a las bacterias Psicrótrofas ya que la mantequilla se almacena corrientemente, por lo regular en refrigeración. Las *Pseudomonadales* que llegan al producto después de pasterizado, son comúnmente responsables de la rancidez producida por la hidrólisis de las grasas de la mantequilla, con liberación de ácidos grasos. La

actividad proteolítica de *Alteromonas putrefaciens*, al desarrollarse en la superficie de la mantequilla da lugar a la aparición de olores y de pigmentaciones superficiales. Los mohos también pueden crecer en la superficie originando coloraciones, generalmente están implicados miembros de los géneros *Alternaria*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Mucor* y *Rhizopus*.(30,40)

c) Quesos.

Al estudiar la alteración de los quesos debe hacerse hincapié en que los más duros, con menor contenido de humedad tienen una vida de almacén más larga que los que son blandos. La alteración microbiológica del queso Cheddar madurado se debe principalmente al crecimiento de mohos en la superficie que origina pigmentaciones. Son muchos los mohos y levaduras implicadas en este tipo de alteraciones, como *Penicillium* (da coloración verde), *Cladosporium* (verde negra) y *Candida* (negra). Sin embargo los quesos más duros presentan corteza lo que minimiza el problema.

La alteración bacteriana de los quesos es mas corriente durante su elaboración y maduración. Si el pH es demasiado alto, las *Pseudomonas*, que son contaminantes, siempre presentes, aunque en pequeño número, crecen rápidamente y originan viscosidad. El queso gaseado es un problema bastante corriente, debido a coliformes como *Enterobacterium sp.*, que fermenta la lactosa con producción de bióxido de carbono.

d) Yoghurt.

El yoghurt es un producto lácteo fermentado elaborado por adición de un cultivo iniciador mixto de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Como en el queso, durante la incubación a unos 45 °C, se produce ácido láctico, lo que hace bajar el pH a 4.0, después de la incubación el yoghurt se enfría rápidamente a 4°C , para evitar que continúe produciendo ácido; su almacenamiento a bajas temperaturas y la acidez del producto aseguran su conservación frente a la alteración por bacterias proteolíticas y otras que no toleran la acidez. Los microorganismos iniciadores continúan creciendo a la

temperatura de almacenamiento muy lentamente, lo cual limita su vida útil de almacenamiento a unas cuantas semanas, posterior a éste tiempo el exceso de ácido producido altera el aroma. (40)

1.3 Objetivos y funciones de los envases.

El envasado y el procesamiento de alimentos van íntimamente ligados, al igual que de esto depende la aplicación de una determinada tecnología, llevándose a cabo cambios en la estructura y esquema de producción, con el fin de mantener una coordinación tecnológica entre cada etapa, procurando el sustentar la comerciabilidad de un producto en base a sus propiedades, características por periodos relativamente largos. Considerándose que el envase y el producto conforman una unidad, sus objetivos están dirigidos a contener un producto, conservarlo dentro de las especificaciones de proceso, a lo largo de la cadena de distribución hasta el consumo, además debe de proteger al producto frente a las influencias externas, ya sean de tipo mecánico, como choques, caídas, etc., de naturaleza físico-químico, como las producidas por el fuerte frío o calor, por humedad o radiación solar, de naturaleza microbiológicas.

Las funciones que realizan los envases son amplias y variadas, relacionándose algunas con diferentes etapas del proceso de conservación hasta su consumo. Los tipos de envases utilizados para el manejo de alimentos refrigerados y congelados son diseñados para productos determinados, y una vez establecidas las condiciones del proceso en las cuales será desarrollado, se estructura el diseño del envase en su atractividad, rentabilidad, fortaleza y capacidad para llevar a cabo una adecuada conservación de los alimentos.(19)

Los envases realizan diferentes funciones en cada uno de los alimentos para los cuales son diseñados, dividiéndose en dos grupos; funciones estructurales y de comunicación.

a) Funciones estructurales.

Entre las funciones estructurales la principal función que desarrolla el envase es la de *contención*, en donde para ser utilizado es necesario saber el estado físico del producto (líquido, sólido, semisólido, pastoso).

Quando un alimento se quiere conservar en buen estado por un período largo, el envase cuenta en su estructura con la barrera de las paredes, el sellado de la boca y la tapa, todo en conjunto debe estar en buen estado, y ser el apropiado para el tipo de alimento en particular, ya que de lo contrario será inútil querer conservar al producto sin alterar sus características y calidad.

Otra función importante dentro de las estructurales es la de proteger y conservar en buen estado el producto contenido desde un punto de vista físico y químico:

1) Protección física.

En ésta se debe de proteger al producto de golpes, caídas, vibraciones, impactos, insectos roedores, etc , evitando mermas del producto y conservando la estabilidad física del mismo.

2) Protección química.

Dentro de la protección química se debe proteger al producto del efecto del oxígeno, de la humedad, de la luz, del calor, de la actividad microbiana, al mismo tiempo se debe de inhibir el desarrollo de hongos y la actividad enzimática, de lo contrario si esto ocurre disminuye la calidad y altera la estabilidad del producto. (14,31)

De esta forma las funciones protectoras más importantes en un envase están dirigidas a proteger un alimento a los efectos de:

- a) La luz y los rayos ultravioletas.
- b) La difusión de gases y humedad.
- c) De altas y bajas temperaturas.
- d) De agentes atmosféricos(humedad relativa, calor).
- e) Integridad física.
- f) Agentes químicos.
- g) Daños mecánicos(desgarre, impacto, tracción) (3,63)

Para mantener la calidad del producto se debe de asegurar los diversos parámetros que constituyen dicha calidad. Se debe de reunir todos los hechos relativos al producto y a todas las formas en

que este puede dañarse o deteriorarse. Se necesita conocer la naturaleza del producto: las propiedades de los materiales que lo componen, su tamaño, forma, peso, sus fortalezas y debilidades.(22)

b) Funciones de comunicación.

Dentro de las funciones de comunicación, el envase cumple con dos funciones importantes: la información y la motivación.

Los envases por su color, ilustración, texto, composición entre otras va a comunicar al consumidor una imagen de lujo y calidad, mientras que otras van a manifestar con su sola presencia que son costosas, finas y que por consecuencia lógica su producto contenido, es fino y caro, es así como el envase cumple con la función de informar tanto la imagen del producto y de su fabricante, informa acerca de la identificación y presentación del producto, da las características y ventajas del contenido sobre otros productos e informa acerca de sus ingredientes y fórmula, al igual que orienta y asesora para obtener mayor provecho del contenido, debe anunciar anunciar el producto al consumidor constituyendo sin lugar a duda un factor determinante en la preferencia, selección y decisión de la compra del producto. Además que juega un papel importante como vendedor silencioso (19,31,25)

Como se puede ver las funciones realizadas por los envases giran en torno a mantener el alimento que contiene en las más perfectas condiciones posibles durante la conservación al igual que pretende mostrarle un producto agradable y con buena calidad, atrayendo al consumidor para su venta.(3,63)

1.4 Características de los materiales de envases.

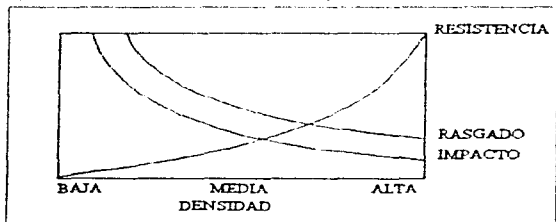
Los requisitos o características que deben cumplir los materiales utilizados en el manejo de alimentos es la de protegerlos de las diversas alteraciones que pueden sufrir, al igual que es necesario que cumpla con las siguientes exigencias: (63,35)

- a) Resistencia mecánica adecuada.
- b) Permeabilidad a los gases.
- c) Permeabilidad a los aromas.
- d) Permeabilidad al agua y a las grasas.
- e) Facilidad de sellado.
- f) Mantenimiento de sus propiedades a bajas temperaturas.
- g) Protección a la luz.

a) Resistencia mecánica.

Cuando se selecciona un material se debe ver que sea fuerte y resistente durante su estancia en los espacios fríos y durante la manipulación. La mayoría de las veces algunos materiales al ser doblados se produce un incremento en la permeabilidad, particularmente a los largos de los pliegues y juntas, al igual que provoca una pérdida de resistencia.

Fig. 1. Influencia de la densidad en la resistencia del plástico



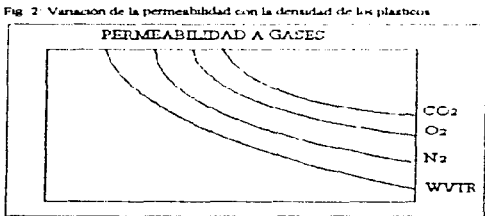
Fuente RODRIGUEZ A (1991)

Es de gran importancia la selección de un material suficientemente fuerte, en lo particular para el fabricante de alimentos congelados, que dependen considerablemente de sistemas mecánicos para manipular sus productos, al igual que al ser congelado, forma una estructura rígida, que muchas veces al tener contacto con otro que se encuentra en las mismas condiciones se produce el rasgado,

por tales circunstancias, debe ser resistente y que sea fuerte al rasgado. La densidad de los plásticos es muy importante, ya que en base a ella están dadas las características tales como resistencia al rasgado y al impacto, mostrándose en la siguiente figura 1, en donde se muestra que a mayor densidad mayor resistencia al rasgado y al impacto.

b) Permeabilidad.

La permeabilidad de un material es el grado en que los gases y líquidos son capaces de pasar a través del mismo; a mayor difusión mayor permeabilidad. Cuando un material tiene una alta permeabilidad puede deberse a la presencia de un gran número de diminutos orificios difundiéndose a través de ellos (gases o el vapor), una característica de los plásticos que les confiere estas propiedades es la densidad como a continuación se presenta, pudiendo observar que a medida que aumenta disminuye la permeabilidad a gases y al vapor de agua, con esto no quiere decir al igual que en el dibujo anterior que para alimentos refrigerados y congelados donde es muy importante la permeabilidad al vapor de agua, que se tiene que utilizar un plástico de mayor densidad, ya que cada material plástico en particular tiene características que les permiten ser utilizados para cada alimento.



Fuente RODRIGUEZ (1991)

El material de envase debe presentar una baja permeabilidad a -18°C al vapor de agua, al oxígeno y olores volátiles.

Durante su estancia en espacios fríos los alimentos congelados y refrigerados pierden agua y se deshidratan como resultado de una sublimación. Bajo ciertas condiciones, parte del hielo se sublima a vapor de agua se deposita en forma de escarcha en las partes más frías de los espacios más fríos. La selección de materiales de envase de baja permeabilidad al vapor de agua constituye un factor primario del mantenimiento de la calidad del alimento durante la conservación en refrigeración y congelación.

Cuando se lleva acabo el envasado de un alimento se deben tomar todas las medidas para excluir todo el aire posible del envase y seleccionar un material que evite el paso de oxígeno durante la conservación, ya que la exposición a éste es responsable de algunos cambios no deseables en los alimentos, como es el caso de la oxidación de las grasas de la carne que conduce al enranciamiento, pérdida de sabor y de su valor nutritivo, cuando se oxidan algunos pigmentos de las frutas causan decoloraciones.

Es necesario que se tenga una baja permeabilidad para que el alimento no pierda el olor característico al igual que no se contamine con otros procedentes de un alimento próximo. El material de envase seleccionado para el manejo de alimentos debe carecer de olores no deseables procedentes de plastificantes u otros productos que se añaden durante su fabricación, pudiendo transmitir al alimento contenido.

c) Resistencia a las grasas, al agua y a los aromas.

Los materiales para envase no deben verse afectados por el tipo de alimento a contener, así como los alimentos líquidos, jugo de frutas y otros que contengan grasa, a los cuales puedan atacarlos y deteriorarlos. Al mismo tiempo deben ser impermeables a la humedad externa.

d) Facilidad de sellado.

Cualquier material a utilizar en el envasado de alimentos debe ser capaz de sellarse. El cerrado de algunos materiales se lleva acabo por el calor y otros por medio de un adhesivo, para el sellado por calor

para cada uno de los materiales plásticos se tiene un rango de temperatura de un máximo y un mínimo, tomando en cuenta el material que forma la extrusora del envase se tiene que el que requiere una menor temperatura (121.1 a 176.6 °C) de sellado es el polietileno de baja densidad y el que requiere mayor temperatura es el tereftalato de polietileno (135 a 176.6°C). (37)

e) Mantenimiento de sus propiedades a bajas temperaturas.

El material debe soportar temperaturas bajas y además tolerar temperaturas elevadas, por lo tanto debe ser resistente a un amplio rango de temperaturas, al igual que deben mantener sus propiedades: las películas permanecerán flexibles y el sello a utilizar debe presentar efectividad, ya que de lo contrario el producto puede sufrir daños. (19,42,48)

f) Acción de la luz.

Una de las causas importantes por lo cual se debe de diseñar adecuadamente el envase para proteger a los alimentos contra la acción de la luz, es que estas ejercen sobre ellos cambios, los cuales aceleran sus reacciones químicas, modificando la calidad del producto. Se ha determinado que los productos, incluso el mismo plástico son degradados en forma inversamente proporcional a la longitud de onda que puede captar el producto. La radiaciones que más atacan al producto son los rayos ultravioleta, por lo cual algunas películas son fabricada añadiendo aditivos UV que protegen a la película contra estas radiaciones evitando de esta forma su degradación. (6,3,38)

1.5 Características de envases para el manejo de alimentos refrigerados y congelados.

1.5.1 Características generales.

En su mayoría los alimentos que se someten a la congelación y otros a la refrigeración son susceptibles a quemaduras por el frío. Por lo tanto los envases diseñado para este tipo de alimentos deben poseer una permeabilidad muy baja al vapor de agua, ésta no debe ser en las frutas y verduras congeladas superiores a 1 g/m²/día, y en aves y otras carnes menor a 0.5 g/m²/día con temperaturas de -20 °C. (35)

Las pérdidas de peso permisible en gramos por metro cuadrado de algunos alimentos son de 60 a 110 para filetes de pescado, para espinacas de 100, para ejotes de 80, de 480 para la salsa de manzana, para judías van de 140 a 210; en comparación, la permeabilidad al vapor de polietileno de 30 μm ó de 1-mil, aproximadamente a 20°C de productos en una atmósfera con humedad relativa del 75 % alcanza de 0.25-0.050 g/m².

Las temperaturas a las cuales se va almacenar el producto deben ser lo más constantes posibles dentro del rango establecido para la refrigeración y congelación de los alimentos. Por lo tanto el envase debe soportar temperaturas bajas y satisfacer las exigencias de los embalajes.

Otra de las características que los envases deben presentar son:

- a) Deben ser resistentes a un amplio intervalo de temperaturas para que resistan la congelación y muchas veces la cocción en el mismo envase.
- b) Deben ser impermeables al oxígeno y sustancias volátiles, así como a todo olor del ambiente.
- c) Permitir la refrigeración y congelación rápida del producto.
- d) Resistir al agua, a los ácidos débiles y productos oleosos.
- e) No adherirse al contenido refrigerado o congelado, y así facilitar al consumidor sacar el producto del envase.
- f) Adherirse estrechamente al producto para evitar al máximo las bolsas de aire que favorecen la sublimación en el almacenamiento.
- g) Ser tan opaco a la luz como sea posible.
- h) No contener sustancias tóxicas que puedan pasar al alimento. (61,42,35)

1.5.2 Características particulares.

Cada producto refrigerado y congelado requiere en particular un envase que cumpla con las exigencias de cada uno, por lo que a continuación se presentan las características y tipos de envases que pueden ser utilizados en cada alimento en particular.

1.5.2.1 Carne.

Es conveniente que la carne fresca tenga en su superficie un color rojo brillante, siendo factible que se conserve aún en la refrigeración, por lo cual al momento de envasarla se deben usar envolturas permeables al oxígeno que permitan la formación y conservación de una capa de mioglobina sobre la superficie.

Se deben de utilizar para el envasado de la carne congelada envases opacos debido a que durante el almacenamiento se hallan expuestas a veces a una iluminación intensa, como ocurre cuando se hallan en las cámaras frigoríficas, que aceleran la oxidación de las grasas y los cambios de coloración especialmente cuando la longitud de onda de la luz está comprendida entre 5.600 y 6.300 Å.⁽⁴⁹⁾ El envasado de la carne congelada se lleva a cabo principalmente con la finalidad de evitar la pérdida de humedad y quemaduras por el frío. Durante su congelación forma una estructura muy rígida, debido a la formación de cristales de hielo en su interior, que en cualquier momento en combinación con el producto pueden deteriorar al envase, por lo cual es importante que el material a utilizar presente una alta resistencia al rasgado.

Los materiales envolventes utilizados deben tener la capacidad para retener la humedad, al igual que sus características como olor, sabor, textura, conservando así su índice de frescura. el material apropiado para este fin son las hojas de aluminio, el polietileno y el cloruro de polivinilideno.

La quemaduras del frío que se manifiestan por la aparición de manchas pardas poco apetitosas en las carnes rojas, resulta de la deshidratación superficial, este problema puede evitarse envasando al producto antes de llevar a cabo la congelación en una bolsa de película retráctil impermeable al vapor de agua.⁽³³⁾

En general el envase para este tipo de alimento debe tener cierto grado de impermeabilidad frente al oxígeno y completamente impermeable a los olores, que resista el plegado (preferiblemente que sea

envasado al vacío para evitar quemaduras por el frío), debe ser opaco por la presencia de tejidos grasos, resistente al rasgado, resistencia cuando se tiene un estado húmedo. Se recomienda películas de cloruro de polivinilideno o de papel aluminio, películas de polietileno, películas adherentes.(61)

1.5.2.2 Carne de aves.

El pollo debe protegerse bien al momento de ser congelado, ya que de lo contrario se deshidratará y finalmente serán afectados por la quemadura del frío.(19)

Los pollos para asar son generalmente envasados en bolsas de polietileno, las películas tienen por regla general de 0.04 a 0.05 mm de espesor. Una película demasiado fina puede romperse en el curso de las manipulaciones del producto congelado, reflejándose con la aparición de manchas blancas en el almacenamiento, debido a la desecación.

Los envases que se utilizan para las aves refrigeradas y congeladas son diversos entre los cuales están las películas de polietileno que tienen las siguientes características; impermeables al vapor de agua y al oxígeno, son transparentes, tienen facilidad al sellado, son encogibles y muestran flexibilidad a bajas temperaturas. Teniendo la desventaja de no presentar una buena barrera al oxígeno, por lo cual es a menudo combinado con otra película en forma de laminaciones, otro material que se utiliza es la película de polipropileno para proporcionar claridad, cloruro de polivinilideno el cual es impermeable al oxígeno y al agua. Además de las características mencionadas el envase debe presentar una alta protección a la luz.(42)

1.5.2.3 Pescado.

El pescado debe estar lo más protegido que sea posible contra las contaminaciones y los cambios físicos; durante el almacenamiento frigorífico, incluso para un corto período de tiempo, debe protegerse contra el enranciamiento debida a la oxidación y la deshidratación.

El envase empleado para congelar y refrigerar productos pesqueros deben de tener una permeabilidad al vapor de agua menor a 0.5 g/m²/día a temperaturas de -20°C, cuando se va almacenar en hielo a temperaturas de refrigeración(0 y 1°C) el envase requiere una permeabilidad al vapor de agua mínima, una baja velocidad de transmisión de oxígeno y resistente a la absorción de aceite y de agua, el producto debe estar justo dentro del envase, minimizando espacios de aire.(33,42)

El pescado con grasa se deteriora más rápidamente que el pescado magro y por consiguiente debe recibir más atención para que no se lleven acabo, una oxidación o una rancidez. Se pueden emplear bolsas hechas de políester revestidas de, un laminado de aluminio, de polietileno, cloruro de polivinilideno o laminado de aluminio, todas estas satisfacen verdaderamente al igual que sus combinaciones. Hasta el momento actual se prefieren las películas de cloruro de polivinilideno.

Además de las características ya mencionadas el envase debe presentar resistencia en estado húmedo, no debe adherirse al pescado tanto por su cara interna como la externa; escasa transmisión al calor y debe ser encogible preferentemente.(61,33)

1.5.2.4 Frutas .

Hay algunas frutas que se envasan antes de la congelación como las mezclas con azúcar, purés, pulpas, zumos concentrados, entre otros, por consiguiente las frutas enteras o en trozos se envasan después de ser congeladas. La frambuesas y moras ultracongeladas individualmente se rompen con facilidad y deben por consiguiente ser protegidas contra golpes por medio de envases rígidos o semirígidos.

Para el envasado con azúcar el envase debe resistir a los ácidos débiles, debe ser impermeable al vapor de agua para evitar las quemaduras por el fijo, que favorecen modificaciones en el color y del aroma, debe presentar impermeabilidad al aire y al oxígeno, para asegurar la estabilidad de los constituyentes aromáticos del fruto preservar el ácido ascórbico y proteger las especias sensibles contra el

pardeamiento enzimático. Para preservar las cualidades organolépticas de las frutas que han sido escaldadas previamente en un jarabe de azúcar hirviendo se deben de envasar al vacío (19,42)

Para llevar a cabo el envasado de un fruto con líquido se requieren envases rígidos de plástico o cartón. Debe dejarse un espacio de cabeza adecuado a la forma y tamaño de los recipientes, la fruta que va a ser envasada sin líquido o con azúcar puede introducirse en bolsas de polietileno de baja densidad la cual es empleado en un alto rango de temperaturas de -60 a -83 °C(37), es permeable a muchos gases y compuestos volátiles y relativamente impermeable al vapor de agua. (66)

1.5.2.5 Hortalizas.

El envase debe proteger al producto de la deshidratación durante la congelación, ya que esto induce para que se lleve a cabo una alteración conocida como quemadura por frío confiriéndole al producto un aspecto manchado desagradable. El polietileno es la mejor barrera frente a la pérdida de humedad de los materiales que pueden obtenerse con facilidad para el envasado

La protección frente al oxígeno es una ventaja, particularmente para los productos que tienen un sabor delicado (espárragos, espinacas, perejil), aunque la velocidad de oxidación a las temperaturas sumamente bajas encontradas durante la congelación y posterior almacenamiento son suficientemente lentas para asegurar que la transmisión del oxígeno no sea un problema importante en la mayoría de los productos.

La exposición a la luz puede acelerar la destrucción de la clorofila en las hortalizas y el empleo de películas con pigmentos blancos u otros medios para crear opacidad mejora la vida útil de tales productos vegetales.

La congelación de las hortalizas se lleva a cabo en cajas de cartón previamente llenadas, siguen siendo muy utilizadas, constituyendo el principal envase en este campo el uso de recipientes de cartón recubiertos de polietileno (5)

El envasado al vacío mejora la estabilidad de ciertos productos como espárragos y diversas hierbas aromáticas, para las hortalizas precocidas con su aderezo, se utiliza el envasado al vacío en sacos de plástico, estancos a los gases y resistentes al agua caliente para que al momento de ser consumidos la cocción del producto se lleve a cabo sumergiendo el saco en el agua hirviendo.(42)

En general se emplean envases con una permeabilidad al vapor de agua menor a $1 \text{ gm}^2/\text{día}$, opaco para las espinacas incluso libre de fugas; escasa transmisión de calor, resistente en estado húmedo; no debe pegarse al producto; tan resistente al plegado como sea posible y encogible (61)

1.5.2.6 Alimentos precocidos.

El envase para carne precocidad requiere de materiales que prevengan al producto de rancidez y pérdida de color; estas reacciones son aceleradas por la luz, al igual que deben tener una permeabilidad al oxígeno; por ejemplo la aplicación del plástico, la estructura debe tener muy baja permeabilidad al oxígeno en un rango de $0.2 \text{ cm}^3/100\text{in}^2 \cdot \text{atm.}$ en 24hr a 50% de humedad relativa. (37)

El envase utilizado, para estos productos debe preservar las cualidades sensoriales y nutritivas del alimento en el curso del almacenamiento. Con frecuencia se adaptan envases que permiten recalentar el producto directamente; se pueden utilizar bandejas de cartón revestido de polietileno, polipropileno, siendo apropiados para recalentar por microondas. También se utilizan envases plásticos que soportan el ser sumergidos en agua hirviendo, estos deben estar exentos de aire para evitar que revienten al ser calentados.(42)

Para las salchichas y productos semejantes, es necesario que el envase este en contacto estrecho con el producto para evitar la pérdida de agua, por la cual se debe evacuar completamente el aire. Las películas hechas de nylon-6 tienen excelente forma y características, éstas pueden emplearse combinándolas por laminación o coextruidas aproximadamente de uno a dos milímetros de PEHD o EVA para sellar las capas, la estructura de soporte son películas de nylon-6 ó de PET de un milímetro aproximadamente, recubierto por laminación o coextrusión de PEHD, la estructura de sopor con estos materiales es principalmente por su alta resistencia que presentan al rasgado y a la tensión, ya que de lo contrario estos productos que están expuestos a constantes tratos por parte del consumidor se pueden deteriorar. Si se requiere una impresión en el envase adecuada se prefiere generalmente el PET. Para alargar aún más la vida de anaquel se utilizan el PVDX ó EVOH, debido a su baja permeabilidad al vapor de agua y al oxígeno, considerándose materiales barrera. (17)

1.5.2.7. Productos lácteos.

a) Leche.

La leche de vaca concentrada o no, raramente se conserva por congelación, esto es debido a dos fenómenos; ruptura de la emulsión de la grasa y la desnaturalización de las proteínas de la leche: cuando la leche se descongela, los glóbulos grasos se aglomeran y las proteínas pueden coagular. La desnaturalización de las proteínas se produce después de un cierto tiempo de almacenamiento, para vencer las modificaciones microbiológicas y enzimáticas especialmente la lipolisis, se debe pasteurizar la leche; también se debe homogeneizar antes de la congelación para evitar la separación de las grasas. La leche congelada es sensible a la oxidación, reacción que es catalizada por las trazas de cobre, la adición de ácido ascórbico evita esta reacción. (42)

La leche fresca requiere un envase con cierta permeabilidad al vapor de agua, y a los olores, siempre que sea posible opaco; con resistencia en estado húmedo, incluso por su cara externa (para evitar el efecto de la condensación) al sacar los envases refrigerados); deben permanecer siempre en refrigeración. Se recomienda la utilización de envases de cartón recubierto de polietileno o de botellas de polietileno. (61)

b) Mantequilla.

La congelación es el único medio de conservación de la mantequilla a largo plazo. En el curso del almacenamiento frigorífico, la mantequilla se deteriora sobre todo por oxidación; esta reacción es catalizada por los metales pesados, por lo cual debe evitarse su presencia. La mantequilla destinada al almacenamiento se envasa en bloques paralelepípedos de 25 kg. envueltos en un material impermeable al vapor de agua para evitar las pérdidas de humedad, siendo después colocada en cajas de cartón plegables, el envase debe ser impermeable a los olores, tan opaco como sea posible; impermeable a las grasas, bajo contenido de metales pesados; posterior a la congelación, en el mercado se debe mantener en refrigeración; se recomienda su almacenamiento a temperaturas inferiores de 10°C. Se recomiendan vasos de PVC termoformados, impermeables a las grasas y opaco.(61,42)

c) Queso.

La congelación puede alterar profundamente el estado coloidal de las proteínas, ya que mediante este proceso de conservación y una descongelación posterior, se puede llevar a cabo una precipitación de la fracción proteica(caseína),debido a que el fosfato de calcio coloidal sufre diferentes cambios, durante la congelación aumenta la concentración de fosfato de calcio de la micelas, lo que hace que las caseínas se puedan unir a través de puentes de calcio y formar grandes agregados que fácilmente precipitan al descongelarse(DADUI S. P. 298), de lo cual depende la textura del queso, pudiendo ocasionar que se desmorone o que se quede demasiado liso después de la descongelación. En el caso de que la textura no tenga mucha importancia se puede almacenar un queso en congelación durante algunos meses.(42)

Los quesos maduros por lo general utilizan un envase altamente impermeable al vapor de agua y con cierta opacidad; debe presentar resistencia en estado húmedo; resistente a las soluciones salinas, al amoníaco y a diversos compuestos sulfurados; plegables o encogibles; bajo contenido en iones de metales pesados, siempre que sea posible se deben mantener en refrigeración.

Para el almacenamiento del queso maduro en porciones o rebanadas es preciso que el envasado se efectúe en materiales altamente impermeables a los gases con objeto de evitar el crecimiento de los

moños. Los materiales que se emplean son las películas de cloruro de polivinilo orientadas biaxialmente, o una combinación a base de celulosa regenerada, de película de poliéster o poliamida y polietileno recubierto con PVIDC. (61)

d) Yoghurt.

Para mantener la calidad en las operaciones de envasado se requiere una prevención directa de contaminación y otros deterioros como la contaminación del agua y acidificación excesiva, además que el material debe tener altas barreras para prevenir el deterioro por el oxígeno. (19)

Los envases dominantes de yoghurt en el mercado son los de tipo vaso, el cual está compuesto de una tapa y el cuerpo. Otro tipo de envase en donde el plástico y el cartón recubierto con plástico, son materiales usados para el cuerpo. Para el primer caso es utilizado el poliestireno de alto impacto termoformado por inyección-moldeo, el cual es sellado térmicamente con una etiqueta de papel, para proporcionar fuerza y evitar una contaminación posterior. Para el segundo caso el cartón recubierto con polietileno está ampliamente utilizado para el envasado de yoghurt para beber, es excelente para la impresión y de fácil disponibilidad, además que el polietileno proporciona fuerza y un envase ligero. (17).

1.6 Interacción alimento-envase.

Las interacciones entre el alimento y el envase, así como la influencia de estos en las características sensoriales y vida útil de los alimentos son muy complejas. Estas interacciones comprenden:

- a) Migración de componentes al envase.
- b) Permeabilidad a los gases y el vapor.
- c) Permeabilidad a vapores orgánicos.

Todas estas interacciones son de gran importancia para conservar las propiedades sensoriales del producto, al igual que se conservará la calidad de los mismos, contribuyendo a que se lleve a cabo un mejor consumo del alimento.

1) Migración del componente al envase.

La migración puede afectar la calidad y la toxicología de los alimentos. Muy frecuentemente, los componentes que migran especialmente de los plásticos afectan el color, y pueden adversamente afectar el sabor de los alimentos, este problema se ve más claramente cuando los alimentos son calentados en el envase en el horno de microondas, la migración puede también resultar en la transferencia de sustancias potencialmente tóxicas al alimento, algunos de estos ejemplos se muestran en la tabla 1 para materiales de uso más frecuente en el horno de microondas (41).

Tabla 1 Ejemplos de migración de componentes del plástico al alimento.

Material	Migración	Cantidad	Condiciones
PVDC/PVC	Citrato de acetil tributil	0.15 mg/dm ²	100°C 60 min.
		1.2 mg/dm ²	121°C 30 min.
PET	Oligómeros	1.2 mg/dm ²	150°C 30 min.

Fuente: HOTCHKISS J (1968)

Los niveles totales de migración de oligómeros de PET son en un rango de 0.02 a 2.73 mg/kg dependiendo del alimento y la temperatura alcanzada durante el cocinado. En los ejemplos anteriores observados en la tabla 1, los niveles de migración caen dentro del rango establecido, ya que en pruebas bajo esas condiciones se obtuvieron que para alimentos grasos cocidos en el horno de microondas emigraron niveles de oligómeros de 1.2 mg/dm², mientras que para el plastificante citrato de acetil tributil en el PVDC/PVC, para alimentos como el pollo y sopas, emigraron niveles de 0.15 mg/dm², y para pan y galletas niveles de 1.2 mg/dm², por lo cual se puede decir que para las condiciones establecidas se obtienen

niveles aceptables de migración de componentes del material comparados con los permitidos por la "European Community Directive".

Con respecto a la migración de componentes de estos materiales plásticos se tiene que para la "European Community Directive", los límites de migración total no deben ser transmitidos al alimento en cantidades superiores a 10 mg/dm^2 de área de superficie del material. Por cierta situación esto limita a fijar a 60 mg/kg de alimento (60 ppm).

La FDA propone para sustancias cancerígenas, metales pesados o sustancias que causan toxicidad niveles por de bajo de 40 ppm. La "Food Additive" pide para adhesivos, componentes para envases de papel de alimentos secos y cualquier sustancia que no sea cancerígena, metales pesados o sustancias que sean altamente tóxicas si estas no emigran al alimento en una cantidad no excesiva a 50 ppb. (60)

Las condiciones estándar de ensayo para la migración de componentes del envase al alimento consideran el poner en contacto el material con un líquido de prueba por un periodo de tiempo y una temperatura determinada:

a) Para en caso del polipropileno-salsa de tomate

Líquido estándar: Agua

Tiempo de contacto: 10 días de almacenamiento.

Temperatura : 48 °C

b) Para el polietileno-jugo de frutas:

Líquido estándar: Agua

Tiempo de contacto: 10 días

Temperatura :40 °C (3,41)

2) Permeabilidad a los gases y vapor de agua

Existen dos tipos de mecanismos para la permeación de gases y vapores a través de materiales de envase; si el material es poroso, se lleva acabo la penetración de pequeñas moléculas de gases y vapores a través de los poros, pero este efecto no se presenta por lo regular, excepto en el caso de películas muy delgadas y películas celulósicas.(11) En el caso de películas no porosas el transporte de masa de los gases y vapores, se lleva acabo por la difusión y absorción;

En el proceso de difusión la masa es transportada desde una parte del sistema a otro, como un resultado de movimientos de moléculas al azar(60), en las películas poliméricas tienen lugar por los movimientos completos de cada una de ellas, mediante un mecanismo intersticial, en el cual un átomo ocupa una posición fuera de la red, teniendo así un átomo intersticial que este libre para moverse. En los polímeros existen enlaces primarios muy fuertes que retienen unidas las moléculas, haciendo difícil el transporte y enlaces secundarios mucho más débiles.(BRONBY J. 1978) La absorción depende de la solubilidad del penetrante en el polímero (60), al igual que es visualizada como un proceso en donde la molécula penetrante sea normalmente disuelta y libre para difundirse o sea inmovilizada; cuando la molécula es disuelta y libre rapas difundirse, la abertura de una red acompañada al sitio ligado. llevando niveles relativamente altos de penetrante en la matriz, teniendo como resultado que el polímero se huncha o incrementa por el penetrante, exponiendo más sitios e incrementando los niveles del coeficiente de solubilidad. Cuando las moléculas son inmovilizadas, se tienen bajos niveles de penetración donde algunas moléculas son inmovilizadas en la matriz del polímero, esta tiene una capacidad, la cual una vez saturada no absorbe más penetrante adicional.

Todos los plásticos son permeables en algún grado, uno de los métodos para disminuir la permeabilidad de los envases y así alargar la vida de anaquel del alimento, es mediante la combinación de materiales barrera apropiados, teniendo el inconveniente de que son mucho más caros, aunque la situación ideal sería envasar el alimento en materiales que lo protejan, al igual que alarguen la vida de anaquel deseada para su distribución en el mercado.

Por definición la constante de permeabilidad (P_m) es el producto del coeficiente de solubilidad y el coeficiente de difusión, pudiéndose evaluar con la siguiente ecuación : (41)

$$P_m = D S = Q L / A t (P_1 - P_2)$$

$$P_m = \frac{(\text{Espesor})(\text{cantidad de gas})}{(\text{Área})(\text{Tiempo})(\text{Diferencia de } P)}$$

Donde:

D: Coeficiente de difusión.

S: Coeficiente de solubilidad.

L: Espesor de la película.

Q: Cantidad total del permeante.

A: Área.

T: Tiempo.

P1: Presión en el interior del envase.

P2: Presión en el exterior.

Valores de permeabilidad pueden observarse en la tabla 2, donde la menor permeabilidad al O_2 y al CO_2 la presenta el etil vinil-alcohol(EVOH), con un valor de 0.05 cc-mil/100 in². día. atm. para O_2 y 0.23 cc-mil/100 in². día. atm. 80% HR para el CO_2 , mientras que para la permeabilidad al agua el mejor material barrera es el cloruro de polivinilideno (PVDC), con un valor de 0.05g-mil/100 in². día a 100°F y 90 % de HR., por lo cual se puede decir que si se requiere una mayor permeabilidad al O_2 y al CO_2 , es recomendable utilizar un material barrera como el EVOH, siempre y cuando sea como capa intermedia, debido a su gran fragilidad al rasgado.

Tabla 2. Permeabilidad de diferentes materiales plásticos a los gases y al agua

Material	O ₂ ^b	CO ₂ ^b	H ₂ O ^d
EVOH	0.05	0.23	10.00
PVDC	0.08	0.30	0.05
PET	5.00	20.00	1.30
Nylon	3.00	5.00	24.00
PP ^c	110.00	240.00	0.30

Fuente: HOTCHKISS (1988)

b) cc-mil/100 in² día atmc) cc-mil/100 m² día atm a 80 % HRd) g-mil/100 in² día a 100° F y 90 % HR

La permeabilidad puede ser expresado en función de la temperatura por la siguiente ecuación:

$$P_m = (P_0)(\exp(-E_p/RT))$$

Donde: E_p = Energía de activación para la permeabilidad. [KJ/mol]

T = Temperatura. [° K]

R = Constante de los gases ideales. [8.3144 x 10⁻³ KJ/mol]

P₀ = Constante.

La energía de activación para diferentes materiales de envase pueden observarse en la tabla 3, indicándonos que para el O₂ y N₂ la mayor energía de activación es requerida por el PVDC y la menor para el PET, en la permeación del CO₂ la menor energía la requiere el PVC. Esto no indica que el que requiere la menor energía de activación es el que tiene la menor permeabilidad a un gas determinado, viéndose reflejado en la tabla 2.

Tabla 3 Energía de activación para la permeación de gases [KJ/mol]

Material	T ° C	O ₂	CO ₂	N ₂
PEBD (D=0.914) g/cm ₃	25	42.7	38.9	49.4
PEAD (D=0.964) g/cm ₃	25	35.1	30.1	39.7
PP (D=0.907) g/cm ₃	30	47.7	38.1	55.7
PVC	25	55.8	56.8	69.0
PVDC	30	66.6	51.2	70.3
Nylon	30	43.5	40.6	46.9
PET	25	32.2	18.4	32.7

Fuente BRANDRUP J (1989)

En otros casos se utiliza la permeabilidad al vapor de agua (WVTR). En el envasado de alimentos el principal mecanismo de transporte de humedad es la difusión del vapor de agua a través de envases barrera. Usualmente esto se controla mediante la utilización de películas barrera como el PVDC.

El transporte de humedad del envase para un estado pseudo estable, es descrito mediante la ecuación basada en la Ley de Fick's y Henry's:

$$WS \frac{dm}{dt} = (k/t)A(P_e - P)$$

Donde: dm/dt = Velocidad de humedad por unidad de peso seco transferido por día.

K/X = Permeación de la película a la humedad.

A = Área efectiva de difusión.

WS = Peso seco total en el envase.

Pe = Presión parcial de vapor de agua en el envase.

P = Presión parcial de vapor de agua en el ambiente.

Esta ecuación es válida para películas no porosas con baja solubilidad de agua y con permeación constante sobre el tiempo. Datos de permeabilidad al vapor de agua de los diferentes materiales se

observan en la tabla 4 donde la mejor propiedad la presenta el PVDC con un valor de 0.08 a 0.24 g.mm./m²/24hr a 37.8°C, por esta propiedad se le conoce como material barrera ya que su utilización en combinación con otros materiales, disminuye considerablemente la permeabilidad al vapor de agua.

Tabla 4 Permeación de películas a 35 °C

MATERIAL	WVTR
	g.mm/m ² /24hr. a 37.8°C
PVDC	0.08-0.24
PEAD	0.1
PEBD	0.4-0.6
PET	0.4-0.5
NYLON	1.6
PS	2.7-3.94
PVC	11.8

Fuente HOTHKISS J (1988)

En la práctica para la permeabilidad se utilizan para su determinación muchos tipos de unidades, pudiéndose utilizar las siguientes:

$$P_m = (\text{cm}^3)(\text{mil})(\text{s}^{-1})(\text{cm}^{-2})(\text{atm}^{-1})$$

$$P_m = (\text{Kmol})(\text{cm})(\text{dia}^{-1})(\text{cm}^{-2})(\text{Torr}^{-1})$$

$$P_m = (\text{cm}^3)(\text{mm})(\text{cm}^{-2})(\text{s}^{-1})(\text{cmHg}^{-1})$$

$$1 \text{ mil} = 0.001 \text{ in} = 25.4 \text{ mm}$$

Actualmente se disponen de materiales de envasado en multicapas para incrementar la barrera a la permeabilidad, pudiendo ser de la siguiente manera:

$$J_T = (Pm_T/X_T)(P_1 - P_2)$$

Donde la permeabilidad total se puede expresar como:

$$Pm_T = \frac{X_T}{X_1/Pm_1 + X_2/Pm_2 + X_3/Pm_3 + \dots}$$

La permeabilidad total (P_{mT}) toma en cuenta tanto las permeabilidades individuales así como las espesores de cada componente por separado. (50)

3) Permeación a vapores orgánicos.

Muchas veces los fabricantes no le dan la importancia que se merece al material del envase con respecto al sabor de los alimentos, muy frecuentemente el tema del envase es sobre la protección y costo, por lo cual es conveniente que se haga más énfasis a la permeabilidad que presentan éstos, para así saber cuando un material de envase es más susceptible a vapores orgánicos que nos puedan deteriorar o alterar el sabor de un alimento.

En la alteración del sabor la primera importancia es la oxidación resultante de la presencia de oxígeno de la atmósfera a través del envase y la reacción subsecuente con el alimento, para evitar esto, es necesario que haya una restricción al paso de oxígeno, al igual que se debe limitar el flujo de vapor de agua para que los alimentos con alta humedad, no sufran una pérdida de peso, viéndose alteradas sus propiedades sensoriales. La alteración del sabor resulta de la migración de moléculas del sabor, aroma y de la contaminación del alimento desde una fuente externa.

Las moléculas del sabor y aroma están presentes en pequeñas cantidades, frecuentemente la concentración total es menor a una parte por millón, sin embargo estas moléculas son responsables del único sabor de un alimento en particular. (60)

Las pérdidas de sabor que resultan de la interacción con el envase pueden ser clasificadas dentro de dos categorías: en primer lugar se llevan a cabo pérdidas por permeación o migración a través del envase y en segundo, éstas se producen por la sorpción del material. (41)

En la tabla 5, se presentan la permeabilidad a vapores orgánicos de plásticos de uso más común en alimentos refrigerados y congelados. Como puede observarse la mayor permeabilidad al limoneno y a los demás vapores orgánicos la tiene el PEBD, siendo necesario la utilización de un material barrera para su empleo en productos que contengan este tipo de vapores orgánicos. (10)

Tabla 5 Permeación de los diferentes plásticos a los vapores orgánicos

Material	PEAD (22.8°C)	PP (22.8°C)	PEBD (21.1°C)
Acido acético	0.39	-	1.22
Acetona	0.67	0.28	2.67
Tetra cloruro de carbono	32.00	181.00	240.00
Limoneno	7.60	29.50	50.30
n-Decano	7.30	22.00	-
Acetato de etilo	1.70	5.80	6.50
Metanol	0.10	0.08	0.48
Tolueno	39.00	142.00	199.00

Fuente BRANDRUP J (1989)

Con respecto a la pérdida por absorción, la cual esta influenciada por la solubilización que van a tener los vapores orgánicos con el material a utilizar, se tienen coeficientes de solubilidad de compuestos que van a alterar el sabor del alimento, observándose en la tabla 6, en donde la menor solubilidad de los compuestos la presentan los materiales barrera, evitando mediante su utilización que el alimento absorba mayor cantidad de estos compuestos.

Tabla 6 Coeficientes de solubilidad de compuestos que alteran el sabor de los alimentos, para diferentes plásticos

Molécula penetrante	Coeficiente de solubilidad (Kg/m ³ Pa)		
	PVDC (85°C)	EVOH (85°C)	PEBD (85°C)
Metil butirato	2.2x10 ⁻⁵	4.0x10 ⁻⁵	3.4x10 ⁻⁵
Etil hexanoato	2.2x10 ⁻⁷	1.1x10 ⁻⁷	2.3x10 ⁻⁷
2-Butanone	9.7x10 ⁻⁴	1.7x10 ⁻⁴	9.2x10 ⁻⁴
2-Hexanone	4.2x10 ⁻³	1.0x10 ⁻³	7.4x10 ⁻³

Fuente: RISCH S, HOTCHKISS J (1991)

CAPITULO

II

CAPITULO II. ENVASES DE PLÁSTICO PARA ALIMENTOS REFRIGERADOS Y CONGELADOS.**2.1 Importancia.**

Como ya se menciono anteriormente los plásticos constituyen los materiales más importantes en la elaboración de envases empleados en los alimentos refrigerados y congelados, por lo cual en este capítulo se describirán los tipos de plásticos más utilizados.

La producción mundial del plástico, al igual que su consumo como material de envase ha venido incrementándose considerablemente debido a que con el paso del tiempo a sustituido otros materiales como el vidrio y las latas.

En el mercado de la industria del plástico en México el sector de envases consumió aproximadamente un 42% del total de la manufactura del plástico en 1993, distribuido de la siguiente manera; 57.4% se orienta para la producción de bolsas y plásticos en rollo, el 21 % para la fabricación de botellas, 3.5% para laminados flexibles, el 4.1% para tapas, 5.0% para garrafrones y tarros, en tanto que el 0.5% para manufactura de sacos, destinándose un porcentaje igual para cubetas y un 8.0% para diversos.

El amplio desarrollo de los materiales plásticos con características físicas de mayor resistencia mecánica, apariencia y altas barreras a gases ha permitido que cada vez un número mayor de productos recurran a su utilización, refiriéndose a la industria de alimentos dando propiedades como resistencia de envasado a altas temperaturas, alta barrera a la humedad, barrera a gases como oxígeno, dióxido de carbono han sustituido a otros envases, dando mas beneficios al consumidor final; como un manejo más seguro del producto en comparación de la fragilidad del vidrio ó la posible descomposición de los alimentos sin la posibilidad de verificarlos hasta abrir el envase, siendo el caso de las latas.(26,2,44)

2.2 Clasificación de los plásticos.

Los plásticos pueden clasificarse en forma general como termoplásticos o termofijos de acuerdo a su comportamiento al aplicarles temperatura. Los plásticos que se estudiarán en esta parte serán los termoplásticos, ya que son los más utilizados en el envasado de alimentos refrigerados y congelados, al igual que se requieren temperaturas menores para su procesamiento en comparación con los termofijos.

2.2.1 Termoplásticos.

Son aquellos materiales que se reblandecen o funden por la acción del calor para formar un artículo y se endurecen cuando se enfrían, pero si se les vuelve aplicar calor tienen la posibilidad de fundirse nuevamente y moldear un producto igual o diferente, conservando sus características. La desventaja es que hay una temperatura límite para el material, arriba de la cual no pueden usarse para elementos estructurales (PEBD: 38-49 °C a 0.45 MPa, PP: arriba de 10¹⁶). En su reutilización, después de ser utilizado varias veces empiezan a degradar, por lo cual es necesario que al momento de ser reciclado se mezclen con un porcentaje de plástico nuevo. Dentro de este tipo los de mayor importancia en alimentos refrigerados y congelados se encuentran los siguientes:

- a) Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS); presenta buenas propiedades mecánicas, fáciles de procesar, buenas propiedades eléctricas. Se emplea en tubos, cuerdas, teléfonos, aparato domésticos, es atacado por muchos disolventes y la luz del sol lo hace frágil.
- b) Acetato-butirato de celulosa (CAB); es transparente, presenta baja resistencia a la tracción, poca resistencia a los ácidos fuertes y disolventes. Se utilizan en empaques con burbujas, manubrios y lentes para anteojos.
- c) Nitrato de celulosa; es transparente, translúcido u opaco en amplia variedad de colores y transparencia clara. Se utiliza en recubrimientos para textiles, en tapas para tacones de zapatos.
- d) Flurocarbonados; es resistente al frío y al calor, son fuertes, duros y buenos aisladores, se emplean en empaques, recubrimientos, forros, tuberías.

- e) **Nylon (Poliámidas)**; a las temperaturas extremas es resistente, es fuerte y de larga duración en colores suaves, se emplea en vasos para beber, en cerdas para cepillos, en engranes, etc..
- f) **Polibuteno**; presenta alta resistencia al impacto, buena resistencia química, temperatura continua de uso hasta 107 °C, es inflamable, y es poco resistente a la intemperie, se utiliza en recubrimientos, en aislamientos eléctricos y tuberías.
- g) **Policarbonato(PC)**; tiene alta resistencia impacto, resistente a la humedad, es transparente, resistente al calor a 121°C baja resistencia a los disolventes y forma cuarteaduras bajo esfuerzo, se utiliza en empaques, aparatos domésticos, partes de automóviles.
- h) **Tereftalato de polietileno(PET)**; es resistente a la deformación plástica, al calor, es difícil de moldear, se utiliza para la elaboración de botellas, en películas, vasos para beber.
- i) **Poliétileno de alta densidad(HDPE)**; tiene buena resistencia química, es más rígido que el de baja densidad, fácil de moldear y de extruir, presenta la desventaja de ser difícil para retardar a la flama, resistencia a la adhesión, y a la impresión, se emplea en botellas moldeadas por soplado, artículos del hogar, películas para envase, etc.
- j) **Poliestireno de baja densidad(LDPE)**; resistente a los agentes químicos, alta flexibilidad, presenta baja resistencia a la tracción y a la intemperie, malas características de adherencia e impresión. Su uso es en películas para envases, artículos del hogar, juguetes, etc.
- k) **Polipropileno(PP)**; presenta buena resistencia al calor, alta resistencia al resquebrajamiento, escasa gama de colores, buena resistencia química, algunas de sus desventajas que tiene son: se vuelve frágil por debajo de -18°C y una mala resistencia a la intemperie. Se utiliza para películas, láminas para embalaje, tubos y accesorios de tubería entre otros.
- l) **Policistireno(PS)**; algunas de las ventajas que presenta son: su transparencia fácil de moldear o extruir, al igual que presenta una baja resistencia a los disolventes y a rayos UV.

m) Cloruro de polivinilo(PVC); presenta transparencia, una barrera absorbidora de rayos ultravioleta, se usa para la elaboración de botellas, envases para alimentos. (44,20)

2.2.2 Plásticos termofijos.

Los plásticos que pertenecen a este grupo se solidifican en una forma permanente cuando se les aplica calor durante el proceso de formado, no puede ser reutilizada la resina directamente como los termoplásticos, ya que no se reblandecen ante el calentamiento a bajo de su temperatura de descomposición, debiéndose principalmente, a que este tipo de plástico forma generalmente polímeros red cuando se calientan por primera vez, teniendo fuertes enlaces de hidrogeno, por lo cual no se observa ningún ablandamiento a bajo de esa temperatura, fundiéndose unicamente al romper esos enlaces. Algunos de los plásticos que incluyen este grupo son los siguientes:

- a) Epoxídicos
- b) Melamina
- c) Poliésteres
- d) Polemizas
- e) Silicones
- f) Uretanos
- g) Urea formaldehida.(20,44)

2.3 Principales procesos de transformación de plásticos.

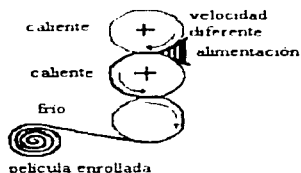
Los plásticos utilizados en el envasado de alimentos refrigerados y congelados, para su utilización es necesario que pasen por un proceso de fabricación, por lo cual es importante saber los procesos de fabricación por los que pasa el material. A continuación se describen brevemente los procesos más importantes.

2.3.1 Proceso de calandrado.

La extrusión y el calandrado se emplean en la elaboración de películas planas. En la calandra se fabrican las películas de cloruro de polivinilo rígido blando, ya que este proporciona los

mejores resultados. Las películas que se fabrican en este proceso se caracterizan por una buena uniformidad y elevada calidad superficial. Este proceso se puede observar en la figura 3.

Fig 3 Calandreado para la obtención de película



Fuente: RODRIGUEZ T. (1981)

Las calandrias consisten en armazones estables en los que giran rodillos de acero pulido calefactados. La masa situada en las rendijas regulares formadas entre cada dos rodillos se laminan en estado plástico, en la rendija se origina un abultamiento de masa, a modo de rollo que gira sobre su eje longitudinal. En la actualidad para la fabricación de películas con calidad se emplean calandrias que tienen cuatro o cinco rodillos, la materia prima que utiliza, ya sea polvo o granulado debe recibir una previa plastificación. La masa plástica procedente de estas máquinas pueden formar ya un cordón en la primera rendija de los rodillos, cuando abandona la película de PVC el último par de rodillos resulta muy frágil tras el enfriamiento, por lo cual se debe realizar otra operación llamada luviterminación, en el que la película recorre brevemente otros rodillos calientes alcanzando una temperatura de 230 a 250 °C eliminando tensiones. (48,64)

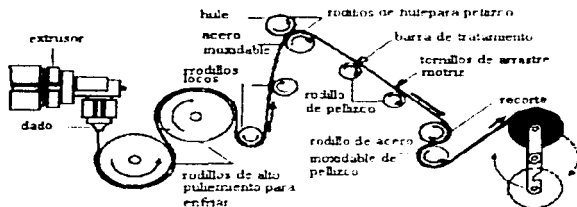
2.3.2 Proceso de extrucción.

Mediante el proceso de extrucción se fabrican películas planas por medio de una tobera de ancha rendija en la cual la masa plastificada sale en forma de cinta. Las láminas gruesas se igualan mediante un tren de estirado que las alisa y se enrollan. Las películas finas pasan por rodillos de refrigeración y

estirado, enrollándose directamente, dependiendo del ancho de la tobera, de la velocidad de la salida de la masa y de la velocidad de estirado va a ser el espesor de la película, la exactitud del espesor de ésta no es tan bueno, por lo cual mediante instalaciones de mediciones de espesor pueden captarse las oscilaciones y se procede a una regulación de la rendija de la tobera.

Este proceso se puede observar en la figura 4, en el cual se hacen películas de polietileno, polipropileno, poliestireno de preferencia, además de acetato de celulosa, policarbonato y poliamida.

Fig 4 Diagrama del equipo de enfriamiento con rodillos del equipo de extrusor



Fuente RODRIGUEZ F. (1989)

En la extrucción de películas tubulares, por la tobera circular sale un tubo de masa cuyo espesor depende de la anchura de la rendija. Una corriente de aire introducida a través de un cabezal de soplado hincha de inmediato el tubo en cuanto sale de la tobera, mientras que es estirado simultáneamente por los rodillos de goma en dirección longitudinal, estas operaciones llevan a cabo un ensanchamiento del diámetro del tubo y un afinamiento de las paredes del mismo, el tubo se aplanan en el dispositivo de estrado y si se deseca se corta por los lados pliegues laterales, abteniendose dos películas que enrollan por separado. (48)

Mediante diversos procedimientos se pueden fabricar las películas compuestas. El más corriente es el revestimiento de una película base o portante con una o varias capas aplicadas en caliente. Un nuevo método es la co-extrusión en el cual se extruye simultáneamente con una tobera todas las capas. La tobera está conectada a varias extrusoras. El crecimiento que ha tenido se debe principalmente a la fabricación posible de un material con características sobre-medida en términos de propiedades barrera, desempeño físico-mecánico, características de sellabilidad y el aspecto visual, en una única etapa. (27)

Las películas coextruidas poseen frente a otros tipos de películas, otras ventajas principales, tales como:

- 1) Son muy impermeables y de características semejantes a las multilaminares.
- 2) Son más delgadas que las laminadas y más parecidas a las películas simples por lo que se manejan con más facilidad en las instalaciones de llenado que fabrican su propio envase.
- 3) No se despegan: para que las láminas queden adecuadamente pegadas, los copolímeros empleados deben poseer una estructura química, una fluidez y una viscosidad semejante. Hay algunos componentes que se adhieren con facilidad, en cambio otros es necesario pegarlos con acetato de vinilileno. (57)

Los materiales coextrudados son combinaciones de estructuras de soporte, polietileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo; estructuras de barrera (EVOH, PVIDC, PA) y material termoeslante. La parte indispensable en la gran mayoría de los casos son los adhesivos de coextrusión que hacen la adhesión entre los materiales a utilizar. (27)

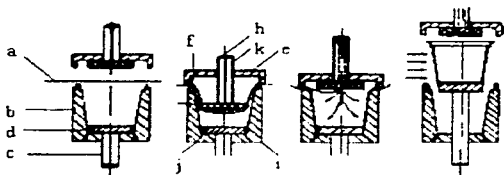
2.3.3 Proceso de termoconformado.

A esta técnica se le conoce también como embudición profunda; consiste en un proceso de moldeado basado en la extensibilidad de películas de materiales termoplásticos que se encuentran en estado termoeástico, se emplea para la fabricación de envases materiales como el estireno antichoque, cloruro de polivinilo rígido, polietileno y polipropileno.

Las películas se calientan al intervalo de temperatura específico en el que presentan las mejores características de elasticidad. Para el cloruro de polivinilo existen concretamente el estado termoelástico que alcanza desde unos 110 hasta 135 °C y el termoplástico que empieza por encima de 165 °C y termina a unos 180 °C.

En el molde se coloca la película plastificada sobre un molde con la forma adecuada, de modo que se apoye bien en todas sus partes, posteriormente se enfría la película en dicho estado. El desmolde de la pieza puede efectuarse de inmediato en el molde en una posterior fase de trabajo, este proceso puede verse simplificado en la figura 5.

Fig. 5 Procedimiento de moldeo con estrado, a: película, b: molde para vasos, c: vástago del pistón, d: empujador, e: empujador de corte, f: canal de estrado, g: empujador de estrado, h: canal de aire, i: orificio de evacuación, k: vástago del pistón.



Fuente: KÜHNE G. (1991)

Este proceso se emplea para hacer piezas profundas como vasos para yogur y zumos de frutas de poliestireno antichoque, de PVC, con un volumen de 80 a 250 mililitros, vasos redondos, cuadrados y rectangulares para el envasado de materias pastosas, de polipropileno, poliestireno antichoque, cloruro de polivinilo y películas de di-acetato con un volumen de carga de 35 a 1000 mililitros. (48,63)

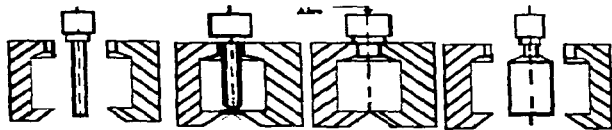
2.3.4 Proceso de extrucción-soplado.

Es el más importante para la fabricación de cuerpos huecos de plástico soplados. Para el moldeo por extrucción y soplado se plastifica en primer lugar un material termoplástico en una extrusora, de donde sale una forma de manguera, generalmente en sentido vertical y más raras veces horizontal. Para la ilustración del proceso ver la figura 6.

El trozo de la manguera que cuelga de la boquilla extrusora se coloca entre las mitades de un molde de soplado y se corta por debajo de la boquilla. Al cerrar el molde quedan presionadas las partes de manguera sobresalientes por el fondo o laterales: estos fragmentos son cortados y expulsados automáticamente al abrir el molde.

Un cabezal de soplado introducido en el molde por una abertura superior o inferior, o bien una aguja hueca que penetra transversalmente en una mazarota, soplan aire a una presión de 3-10 bar. en el interior de la manguera aún caliente, y por tanto plástico. La manguera se ensancha hasta que su superficie exterior hace contacto con la interior de la cavidad del molde, para enfriarse y solidificarse en contacto con el molde refrigerado. Se elimina entonces la sobre presión de aire y tras abrir el molde se extrae el cuerpo hueco obtenido. (63)

Fig. 6 representación esquemática del proceso extrucción-soplado



Fuente KUHNE G (1991)

2.3 Características de los plásticos como material de envase.

Se puede decir que en la actualidad no existe el plástico perfecto que cumpla con todas las características en su totalidad, al igual que un tipo de envase que pueda funcionar para toda aplicación, esto radica principalmente en que cada producto tiene diferentes características, y que en función a éstas se diseñan los materiales y envases a utilizar, por lo cual es importante saber las características de los plásticos. (23,63)

a) Permeabilidad a gases.

La permeabilidad de los materiales plásticos, tales como el vapor de agua o el oxígeno, constituye una de las características más importantes desde el punto de vista de su empleo para envasar alimentos, dependiendo en gran medida, hasta un límite máximo del grosor del plástico, de la temperatura, de la diferencia de presión entre ambas caras.

Las afinidades químicas directas (debido a su similitud de estructura) entre el gas y el polímero plástico aumentan la permeabilidad: así las poliamidas y los derivados celulósicos, portadores de grupos polares, son permeables al agua y no a los vapores orgánicos, mientras que el polietileno (hidrófobo) presenta lo contrario. Además la introducción de grupos laterales o de copolímeros hidrófobos en un polímero hidrófilo disminuye la permeabilidad al agua; inversamente, la introducción de grupos hidrófilos, puede reducir la permeabilidad a los vapores orgánicos, al oxígeno y al nitrógeno.

Por lo general al aumentar la temperatura incrementa la permeabilidad a los gases debido al aumento de la presión de vapor, activación de fenómenos de absorción-desorción, aumento de las cadenas del polímero. Cuando el polímero se encuentra en estado casi totalmente cristalino o bien en estado vítreo, la permeabilidad es muy baja.

La permeabilidad de las envolturas de plástico al vapor de agua es igualmente un factor importante para conservar la calidad del contenido. Tratándose de la carne y productos cárnicos la baja

permeabilidad es un requisito ineludible para impedir la desecación y las mermas de peso durante el almacenamiento. Se aconseja para alimentos congelados generalmente que la transmisión de vapor de agua a través de películas plásticas permanezcan inferiores a 0.5 g de agua por metro cuadrado en 24 Hrs. (16,26)

La permeabilidad de las envolturas de plástico a los aromas implica muchos problemas, tanto su mecanismo en sí, como desde el punto de vista de su medición técnica, se deben de tener en cuenta la composición química de las diversas sustancias aromáticas y la solubilidad de estas en los plásticos. Hay casos en los que de una mezcla de aromas, sólo se difunde intensamente uno de sus componentes a través de la envoltura, permaneciendo otros en el contenido, lo que da lugar a una modificación de las propiedades sensoriales del producto.

b) Condiciones mecánicas.

Para garantizar al alimento una protección mecánica suficiente, el envase tiene que poseer un cierto grado de resistencia mecánica, en particular al estirarse resistencia a la rotura y a los desgarros, la resistencia a los golpes, flexiones y roces juegan un papel no despreciable en cuanto a lo que se refiere a los requisitos mecánicos exigidos para el transporte y almacenamiento. En el caso de los alimentos congelados el envase tiene que resistir el aumento de volumen del alimento que provoca la congelación y mantener su resistencia mecánica a bajas temperaturas.

c) Protección frente a la luz.

La transparencia de los plásticos es un factor de indudable influencia para la conservación de la calidad de los productos alimenticios contenidos en ellos. La luz acelera la oxidación de los lípidos, de la mioglobina y la desintegración de vitaminas. La mayoría de las películas plásticas son transparentes a la luz pero no a las radiaciones ultravioletas. (12,63).

d) Estabilidad y neutralidad.

Los altos polímeros tienen que ser totalmente inertes frente al alimento. Su aspecto no debe modificarse por el contacto con los diversos constituyentes del mismo, en especial las grasas. Deben guardar su cohesión y sólo ceder al alimento mínimas cantidades de monómeros y coadyuvantes de fabricación, tales como: plastificantes, estabilizantes, pigmentos, colorantes, antioxidantes, emulsificantes, lubricantes, antiestáticos para impedir la atracción del polvo. La difusión de cualquiera de estas sustancias no deben modificar el sabor o aroma del alimento, ni favorecer el crecimiento de microorganismos (16).

2.5 Plásticos utilizados en el envasado de alimentos refrigerados y congelados.

En esta parte se analizarán los plásticos de mayor importancia en el envasado de los alimentos refrigerados y congelados, referidos anteriormente en las características particulares para cada alimento, describiendo sus usos y procesos de fabricación de los mismos.

2.5.1 Polietileno.

La producción a escala comercial comenzó en 1942, después de la segunda guerra mundial.

Las condiciones de producción del polietileno bajo alta presión son:

Presión para monómeros de etileno	1500-2000 atm
Concentración de oxígeno	0.06 %
Temperatura	190 - 210 °C
Peso molecular	6000-12000.

Las propiedades del polietileno varían con la presión y catalista dependiendo de la aplicación de presión durante el proceso de polimerización. El polietileno es clasificado como: de baja presión, de media y alta presión. Dependiendo de su propia densidad se clasifica como de baja, de media y polietileno de alta densidad. En general los procesos a alta presión producen: ramificaciones laterales en la cadena principal del polietileno, elasticidad, abultamiento y polietileno de baja densidad. (46)

2.5.1.1 Polietileno de baja densidad.

La polimerización del etileno se efectuó sin disolvente, con altas presiones (1,500 atm) y una temperatura de 200°C en presencia de 0.01 a 0.08 por ciento de oxígeno. En estas condiciones se forman productos sólidos. Estos productos llamados polietilenos de alta presión o de baja densidad, poseen buena cristalización. Su densidad es de 0.93. Su temperatura de fusión esta entre 110-115 °C, es inferior a la que pudiera preverse para parafinas normales que contiene más de un millar de grupos CH₂ (140 °C), lo que se atribuye a la existencia de numerosas ramificaciones, la temperatura a la cual puede ser empleado es de -56.6 a 82.2 °C (37), es sensible a las grasas, ya que a su contacto pierde sus propiedades mecánicas. (35)

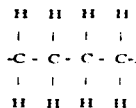
Es el primer polímero de etileno comercial, se le conoce como polietileno de alta presión. Después de un largo tiempo, en los años de 1940 la producción se incremento rápidamente, siendo el primer plástico con una producción anual que excede de un billón de libras, aumentando cada vez más.

Las propiedades inherentes al polietileno de baja densidad son de importancia al momento de ser utilizados en determinados envases, ya que tiene características que les son muy considerables, tales como resistencia a la humedad, muy baja absorción de humedad y resistencia a una gran cantidad de productos químicos. (15)

a) Estructura y polimerización.

El polietileno de baja densidad es parcialmente un sólido cristalino a una concentración de 50 a 60 %, se funde aproximadamente a los 115 °C con un intervalo de densidad de 0.91 a 0.94 g/cc. Es soluble en muchos solventes a temperatura por arriba de los 100 °C, pero no existe solvente para mezclar el polietileno de baja densidad a temperatura ambiente.

En frío, son insolubles en todos los disolventes orgánicos, pero aumenta su volumen o se disuelve en estos disolventes por calefacción hacia los 80 °C, particularmente en los hidrocarburos y en los disolventes clorados. Son bastantes hidrófobos y resisten las bases y los ácidos a temperatura ordinaria, por una acción prolongada de estos sufren una disminución de sus propiedades mecánicas. (43)



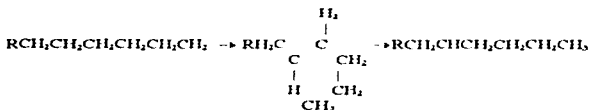
ESTRUCTURA DEL PEBD

El PEBD contiene ramificaciones en su cadena. Estas ramificaciones son de dos tipos distintos. La primera ramificación es debida a la transferencia de cadenas intermoleculares, dando lugar a reacciones del siguiente tipo:



Este tipo de ramificaciones tiene un efecto observable en la viscosidad del polímero en solución y puede detectarse comparando la viscosidad del polietileno ramificado con la del polímero lineal del mismo peso molecular.

El segundo mecanismo de ramificación en el polietileno produce ramificaciones de cadena corta por transferencia de cadenas intramoleculares:



En una molécula común de polietileno de baja densidad pueden existir 50 cadenas cortas y menos de una cadena larga.

Los grandes polímeros de etileno se producen comercialmente a presiones entre 1000 y 3000 atm (15 000 a 45 000 psi) o posiblemente más altas y temperaturas tan elevadas como 250°C. La polimerización del etileno se puede llevar a cabo con benceno y clorobenceno como solventes. A altas presiones y altas temperaturas, tanto el polímero y el monómero disueltos en estos compuestos así como las reacciones son soluciones verdaderas de polimerización. El agua y otros líquidos pueden ser adicionados para disipar el calor de la reacción.

La polimerización batch o por lotes del etileno no puede efectuarse rápidamente con un buen control. Los tiempos de reacción son largos, requieren de un adecuado control, por lo que no son económicos. Además la ramificación de la cadena es excesiva y da como resultado propiedades físicas pobres para el producto. Como un resultado se prefieren el sistema de polimerización continua. La polimerización por emulsión es usada con menos frecuencia.(7)

b) **Propiedades.**

El polietileno de baja densidad ramificado es un polímero cuyo peso molecular va de 10,000 a 50,000, el peso del monómero es de 28, el largo de la cadena molecular es de 10,000/28 a 50,000/28 si el polímero no está ramificado. Sin embargo el polietileno de baja densidad hecho a alta presión es altamente ramificado, por lo cual la cadena no es lineal, resultando con propiedades diferentes al lineal, principalmente esta es la diferencia. Su mejor aplicación es en envases de alimentos en forma de película.

Las propiedades físicas de este tipo de polietileno están en función de tres variables estructurales independientes:

- a) **Peso molecular**
- b) **Distribución del peso molecular**
- c) **Ramificaciones de cadena larga y cadena corta.**

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

El efecto del peso molecular es generalmente comparado en base a los cambios del índice de fluidez (MI), el cual varía de forma inversa con el peso molecular.

El polietileno es químicamente inerte, no se disuelve en algunos solventes a temperatura ambiente. Este tiene buena resistencia a ácidos y álcalis. A 100 °C no es afectado en 24 horas por el ácido sulfúrico y el ácido hidróclorídico.(7)

c) Procesos de fabricación.

1) Laminación.

Casi la mitad del polietileno de baja densidad producido se destina a películas y laminados en los últimos años. Pocas películas tienen la combinación deseada de propiedades del polietileno: baja densidad, flexibilidad, plasticidad, alta resistencia al rasgado, resistencia a la humedad y a los compuestos químicos y poca tendencia a cortes y rasgaduras con facilidad.

2) Extrusión.

La extrusión de película plana usa un dado de " T ". La abertura para el polietileno puede ser de 0.015 a 0.030 pulgadas a una película que tiene menos de 0.003 pulgadas de grueso. La velocidad con que se recoge la película es lo suficientemente alta como para estirarla y por consiguiente adelgazarla. Los dados

pueden ser tan anchos como 10 pies. Al salir del estrusor la película puede enfriarse por abajo de 137 °C o -120 °C al pasar por un baño de agua o al ponerse en contacto con un rodillo enfriado por agua. (64)

3) Recubrimiento.

En recubrimiento por extrusión se emplea aproximadamente el 10^{mo} del polietileno de baja densidad. Estos pueden aplicarse por inmersión en solución muy caliente, fundidos o emulsiones.

d) Aplicaciones

Es el material más ampliamente utilizado en el congelador, puede usarse en láminas, en bolsas. Para la protección de alimentos congelados se recomienda un grosor mínimo de 0.030 mm y cuando la conservación en congelación va a ser prolongado se prefiere un grosor de 0.048 mm. La fruta congelada y la verdura se envasan en bolsas, pero para el pollo congelado resulta más aconsejable el envasado en películas encogibles, ya que la presencia de aire atrapado en el envase, da lugar a las quemaduras por el frío cuando la temperatura de congelación es muy baja. (42)

La selección de bolsas de polietileno con marcas de refuerzo para alimentos semihúmedos y otros de tamaño irregular proporcionara paquetes fácilmente distribuibles cuando se introduzcan en el congelador. (19)

Otras de las aplicaciones que tienen las películas de polietileno es en el envasado de alimentos tales como el pan, leche, embutidos, pasteles de carne. La película se le pone al pan con el fin de evitar pérdidas rápidas de humedad y mantienen el producto en las mejores condiciones posibles, manteniendo con esto la calidad del producto (42)

Se emplean en botellas para leche que van desde una capacidad de 3 a 8 litros, las cuales son del tipo no retornable. El empleo en botellas moldeadas por soplado para aceite comestible no ha dado buenos resultados, ya que el aceite se hace rancio al poco tiempo, por la permeabilidad al oxígeno relativamente

alta de este plástico. El PEHD se hincha también lentamente en contacto con aceites vegetales, adquiriendo porosidad, de modo que la pared exterior de la botella queda sucia o pegajosa. En estos casos suele utilizarse PEAD que apenas presenta estos peligros (48)

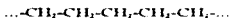
2.5.1.2 Polietileno de alta densidad (Linéol)

Puede ser producido el polietileno lineal por varias formas, incluye polimerización radical del etileno a presiones extremadamente elevadas, polimerización coordinada del etileno, polimerización del etileno con catalizadores de óxido metálico.

El uso del polietileno que cada día es más amplio se debe principalmente al resultado de la combinación de sus propiedades, sin embargo es difícil dar valores específicos para cualquier propiedad debido al gran número de grados disponibles, es de los más resistentes, más rígido (su peso molecular es alta de 200,000 de un par de millón de un alto contenido cristalino), resiste temperaturas que van de -40 a 121.1 °C (37), tiene baja elongación de rompimiento, mayor barrera a la humedad y a los gases comparado con el polietileno de baja densidad (13)

a) Estructura y polimerización.

Un progreso importante en la fabricación de los polietilenos ha sido utilizando como catalizadores complejos organoaluminicos con cloruro de titanio III, alquil-aluminio. Estos catalizadores permiten rebajar la presión a una atmósfera, y la temperatura de 50° a 80° C aproximadamente, dando polietilenos de baja presión o de alta densidad (0.95 g/cc) cuyo punto de fusión alcanza los 135°C., lo que corresponde a cadenas macromoleculares muy poco ramificadas.



ESTRUCTURA DEL PEHD

Poliétilenos de iguales características se han obtenido por otros procedimientos de baja presión, haciendo reaccionar el etileno sobre catalizadores sólidos: óxido de molibdeno parcialmente reducido, depositado en un soporte de alúmina activada; óxido de cromo en soporte de alúmina de sílice o alúmina y sílice.(15)

La polimerización coordinada del etileno utiliza un catalizador de coordinación preparado como una dispersión coloidal por reacción entre los complejos organo aluminicos en un solvente como el heptano. El etileno se adiciona al recipiente de reacción bajo presión ligera, a temperatura de 50 a 75°C. El calor de la polimerización se remueve por enfriamiento. El polímero se forma como un polvo o como un gránulo, que son insolubles en la mezcla de reacción. Cuando se completa la reacción, el catalizador se destruye por la presencia de agua o de alcohol, mientras que el polímero se filtra o se centrifuga para posteriormente lavarse y secarse.

La polimerización del polietileno con catalizadores de óxidos metálicos, los cuales pueden utilizarse en una variedad de modos operativos, incluye el lecho fijo, lecho móvil, lecho fluidizado o los procesos de suspensión. El etileno es alimentado con parafinas o cicloparafinas diluyentes, a 60-200°C y alrededor de 500 psi de presión. El polímero es recuperado mediante enfriamiento o evaporación del solvente.(7)

b) Propiedades.

La mayoría de las diferencias en las propiedades de los polímeros ramificados y lineales del polietileno pueden atribuirse a la alta cristalinidad de los últimos. Los polietilenos lineales son realmente más resistentes que el material ramificado(módulos de 100,000 psi contra 20,000 psi), tienen un punto de fusión más elevado y mayor resistente a la tracción y dureza. La buena resistencia química del polietileno ramificado se conserva o se incrementa, y propiedades tales como la fragilidad a baja temperatura y baja permeabilidad a los gases y vapores se ven mejoradas en el material lineal.

Se puede considerar que son tres las características básicas que determinan el procesamiento y uso final de cualquier formulación de polietileno, siendo las siguientes: 1) densidad, 2) índice de fluidez, 3) distribución del peso molecular.

Las propiedades térmicas y las relacionadas con la fuerza en el polietileno de alta densidad son directamente proporcionales a la densidad. Así la resistencia a la tensión, dureza, punto de reblandecimiento y temperatura de deformación son más elevadas en los homopolímeros. (54)

El índice de fluidez de un polietileno es el número de gramos de material fundido (a temperatura de 190°C) que puede ser forzado a través de un pequeño molde abierto a una carga de 2160 gramos durante un pequeño período de 10 minutos. Da una idea aproximada del peso molecular promedio (longitud de la cadena) y de la capacidad de procesamiento del material. Así las resinas que tienen realmente una cadena molecular de longitud promedio corta fluyen más fácilmente y tienen un alto índice de fluidez. Por otro lado los materiales de cadena larga se resisten al flujo y tienen un bajo índice de fluidez.

El término distribución de peso molecular se utiliza para definir la agrupación estadística de la molécula que constituye el material. Si la mayoría de las moléculas están muy cerca, el peso es el mismo y se dice que la distribución es limitada. Por otro lado una gran variación en el peso da como resultado una amplia distribución. Las resinas con un alto distribución de peso molecular puede ser más sensible a las fuerzas cortantes que los materiales con distribución de peso limitado, por lo que con esfuerzos cortantes elevados, como en el caso de moldeo por inyección, las resinas de amplio distribución del peso molecular se procesan más fácilmente. Sin embargo la amplia capacidad de procesamiento de un material con amplia distribución de peso molecular puede ser posible a expensas de propiedades físicas tales como brillo superficial y resistencia al impacto.

Algunas de las características sobresalientes son:

- 1) Rigidez; exhibe una muy elevada elongación como resultado de que el polímero tiene excelente resistencia al impacto, aún a temperatura por debajo de la congelación. Su rigidez es directamente dependiente del peso molecular y en general inversamente dependiente de la densidad.
- 2) Resistencia química, es resistente a la mayoría de los compuestos químicos. Por debajo de los 60°C, no hay solvente conocido para el polímero.

La velocidad de transmisión del vapor de agua en el polietileno de alta densidad es extremadamente baja, haciéndolo un envase útil para productos sensibles a la humedad como en el caso de los alimentos deshidratados. (57)

c) Procesos de fabricación.

Gran cantidad de artículos especialmente botellas y contenedores son hechos con el sistema extrusión-soplado. El proceso típico consiste en la extrusión de un tubo hueco el cual fluye verticalmente hacia abajo del extrusor; dos mitades del molde se sierran sobre el extrudato y una cantidad de aire se inyecta con el objeto de inflar el extrudato en forma tubular.

La película de polietileno puede ser obtenida por soplado, moldeado o coextruidas:

- 1) Película por soplado: ésta se produce por extrusión a través de un orificio circular, por el tubo circular se pasa aire para lograr el diámetro deseado y llevar la película hacia un par de rodillos sujetos. La película es casi siempre enfriada con agua.
- 2) Película moldeada: es producida por extrusión de una hendidura moldeada por encima de un rollo frío y pulido que se enfría rápidamente, dando con esto una alta producción y alta claridad a la película.
- 3) Coextrusión de la película: tiene la ventaja de proporcionar una capa adicional a la película por extrusión de un segundo material a través del mismo molde. Este tipo de películas pueden utilizarse como componentes en el proceso de laminación para reemplazar dos o más sustratos. (57)

d) Aplicaciones.

El polietileno de alta densidad se usa para bolsas que van a ser sometidas a cocción, que son capaces de soportar bajas temperaturas en el congelador y la inmersión en agua hirviendo. Los fabricantes de alimentos congelados ofrecen cierta variedad de productos que se cocen en la bolsa ya que estas bolsas son fácilmente adquiribles.

El polietileno de alta densidad de un grosor adecuado puede moldearse en forma de envases semirrígidos para uso en el congelador. Los envases de polietileno de alta densidad, mientras que ofrecen una mejor protección de su contenido, son bastantes más frágiles a bajas temperaturas que los de baja densidad que permanecen más flexibles.(19)

Los mayores usos del PEAD extruido es en el envasado de bocadillos y productos horneados, además del envasado de carne. La película se emplea para el envasado de algunos productos frescos o productos de panadería, para el envasado de grasas comestibles.(57)

Otros de los usos que se puede mencionar es en la elaboración de contenedores, mediante la inyección de espuma estructural de polietileno de alta densidad, los cuales tienen diferentes características como:

- a) Facilidad de uso; los contenedores se pueden cargar en un montacargas o gato para plataformas y eficientemente almacenados en pilas auto estables.
- b) Son aprobados por la FDA, por su limpieza, las lisas superficies interiores, se enjuagan fácilmente
- c) Están disponibles en diferentes tamaños.
- d) Se muestran ideales para la agricultura, pesca y procesamientos de alimentos.(67)

El polietileno de alta densidad que se elabora por inyección, para convertirlo en botes, vasos y embalajes similares. Los cubos para embalaje de mercancías, como mayonesa, catsup de tomate y

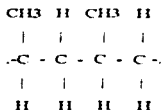
similares se inyectan en polietileno ya que se exige resistencia a las caídas y choques, al igual que los botes para congelación de algunas frutas debido a la necesaria resistencia a las bajas temperaturas. (48)

2.5.2 Polipropileno.

El polipropileno pertenece al grupo de los termoplásticos fue comercializado en los años de 1950, esta disponible en polímeros de grandes volúmenes, se fabrica por la polimerización catalítica del monomero de propileno bajo condiciones de presión y calor. Con la utilización comercial de la polimerización coordinada la producción de polipropileno se hizo posible.

a) Estructura y polimerización.

El polímero esta compuesto de unidades repetidas. La estructura molecular puede ser de tres tipos dependiendo de la disposición de los grupos metilo (CH_3) con respecto a la cadena principal formada por las unidades de vinilo. En la formación isotáctica todo el grupo metilo esta en el mismo lado de la cadena; en la forma sindiotáctica están alternadas en forma regular; en la forma atáctica la disposición es irregular. Las propiedades de estas formas difieren grandemente. La habilidad para controlar así la polimerización de una forma predominante es la clave para un más marcado desarrollo en la historia de polímeros sintéticos. El propileno isotáctico es esencialmente lineal, altamente cristalino y con un punto de fusión de 165°C . (13). Tiene la estructura siguiente:



ESTRUCTURA DEL PP

El polipropileno se puede polimerizar controlando su estereoquímica por medio de la catálisis donde los catalizadores tienen las moléculas montadas en un sólido cristalino dando como resultado un polímero isotáctico. Usando catalizadores montados sobre sólidos amorfos se forman polímeros atácticos. El polipropileno isotáctico obtenido con el complejo tricil aluminio con el $TiCl_4$ tiene una densidad de 0.94 y un punto de fusión de 170 - 175°C y una alta cristalinidad. (51)

b) Propiedades.

Las propiedades del polipropileno varía con cambios en densidad, en el peso molecular, y en la distribución del peso molecular, tiene moderada tensión, son resistentes a muchos solventes inorgánicos, resiste altas temperaturas (-4.4 a 121.1°C), tiene excelentes propiedades eléctricas y es fácilmente procesable, su temperatura de sellado es de 93 a 148 °C, presenta alta resistencia al agua y absorbe poca humedad, no tiene muy buenas barreras al oxígeno y a muchos otros gases.

1) Absorción de agua: el polipropileno es un material que no absorbe poca humedad menor a 0.005 por lo que se evita el secado previo al procesamiento y mantiene una buena estabilidad dimensional, incluso en ambientes altamente húmedos.

2) Índice de fluidez: esta propiedad es determinante para la elección del grado de material de acuerdo al proceso de transformación que se vaya a utilizar. A medida que es pequeño la rigidez es alta y cuando el índice de fluidez es elevada la rigidez disminuye, el brillo aumenta.

3) Resistencia a la flexión: el polipropileno es semirrígido, su resistencia es de 600 Kg/cm², debido a ello se emplea en la fabricación de cajas y envases. (45)

4) Cristalinidad: su alta cristalinidad le imparte una alta resistencia a la tracción, rigidez y dureza. Su alta resistencia al peso es una ventaja en muchas aplicaciones. Los productos terminados generalmente tienen brillo adecuado y alta resistencia a los desgastes. El alto punto de fusión del polipropileno permite que piezas moldeadas sean esterilizadas, ya que el polímero tiene una alta resistencia a la tensión a elevadas temperaturas.

5) Resistencia: para superar la fragilidad, se utiliza una amplia gama de copolímeros del propileno con etileno al azar y en bloques. Los copolímeros en bloques son los más resistentes al impacto y son utilizados en aplicaciones de moldeo por inyección (7)

6) Propiedades ópticas: el polipropileno por naturaleza es translúcido, es decir su transmitancia es del orden de 70 a 75%. Actualmente con la adición de agentes clarificantes, se logran transparencias de aproximadamente de un 85 a 90%. Por lo que su campo de aplicación se ha extendido a cubrir otros mercados, como en la fabricación de botellas y contenedores para alimentos y en las películas se ha logrado mayor brillantez y transparencia.

7) Propiedades químicas: este tipo de material presenta muy buena resistencia a los ácidos y bases fuertes y débiles, solo lo ataca el ácido nítrico concentrado por arriba de los 80°C. No hay ningún solvente orgánico que lo pueda disolver a temperatura ambiente y a bajas temperaturas se vuelve frágil y quebradizo. Al polipropileno no lo afecta acetona, ácido fosfórico, ácido sulfúrico al 30%, etanol ni hidróxido de sodio al 10%, por otra parte el ácido acético al 5%, el formaldehído y el tolueno lo decoloran ligeramente.

Es menos estable que el polietileno al calor, luz y ataque oxidativo (presuntamente debido a la presencia de hidrógenos terciarios) por lo que debe estabilizarse con antioxidantes y absorbedores de luz ultravioleta, para asegurar un proceso satisfactorio así como un menor desgaste. (45)

c) Procesos de fabricación.

En el mercado existen tres tipos de películas de polipropileno: las películas orientadas, las no orientadas y las biorientadas.

1) Películas no orientadas: es fabricada con la materia prima normal y sin ningún proceso especial para su orientación. Presentan características como: excelente resistencia y propiedades ópticas. Tienen alta claridad y brillantes sin ser de color amarillenta. La película de polipropileno es usada donde los

requerimientos de vida de anaquel es importante. El material presenta una mayor dureza superficial y libre de estática que ayuda al envase a mantener al alimento fresco.

2) Películas orientadas: la resistencia del polipropileno, es el punto de partida de la película de polipropileno orientado, es manufacturada a partir del gas propileno, un producto de la industria de refinación de petróleo o de procesos "cracking" o de desintegración (los cuales son diseñados principalmente para producir gasolina y otros petroquímicos). Ofrecen un alto rendimiento, buenas propiedades, incluyendo una buena claridad, buena resistencia a grasas y aceites, humedad y excelente estabilidad dimensional, resistente al cambio de temperatura y medio ambiente. Tiene pobre flexibilidad cuando está sujeta a temperaturas de congelamiento. (59)

3) Películas biaxialmente orientadas: el polipropileno puede extruirse como una membrana de unas 0.005 pulgadas de grueso con un dado de ranura. Dentro de una caja de temperatura controlada, la membrana se toma en cualquiera de sus lados por los ganchos de la rama los que pueden ejercer una tensión de estirado así como una de ensanchamiento. La orientación biaxial puede ser igual en ambas direcciones o no. Con el polietileno, la orientación biaxial a menudo puede conseguirse en la extrusión de películas sopladas.

El polímero fundido se extruye a través de un dado con forma de anillo alrededor de un mandril. El tubo o manga que así se forma se expande alrededor de una burbuja de aire, se enfría abajo de 137°C se forma un tubo aplastado y se enrolla. El enfriamiento se controla con un anillo de aire que está a la salida del dado. La relación de soplado es de 2.5. La orientación ocurre en la dirección del arco durante el soplado. La orientación en la dirección de la máquina puede inducirse por tensión en el rodillo de pellizo. (64,59)

d) Aplicaciones.

No es bastante resistente a deformaciones, se emplea en el uso de temperaturas; para esterilizar alimentos, radiaciones en el horno. Debido a que tiene un alto punto de fusión, combinado con su

propiedad de ser fácilmente cerrado por el calor, ha conducido a su uso por fabricantes de productos de tipo "cocción en el envase". En forma semirrígida, se usa ampliamente para moldes de pudings, con su tapa de cierre a presión, en los que los pudings pueden cocerse e introducirse después en el refrigerador.(19)

Es empleado en botes, barriles, en envases para alimentos como la salsa de tomate condimentada, para aquellos que están comúnmente refrigerados.(43)

Los homopolímeros de polipropileno presentan muy buena transparencia, sin embargo, la resistencia a la caída es limitada para los cuerpos huecos por soplado fabricados con este material, a bajas temperaturas, alrededor de 0°C. Los copolímeros de polipropileno son más tenaces y poseen mayor resistencia en frío aunque no son tan transparentes.(48)

2.5.3 Cloruro de polivinilo.

Los cloruros de polivinilo(PVC) son materiales termoplásticos cuya fabricación no dejan de aumentar, es obtenido por polimerización radical o polimerización de la cadena del monomero de cloruro de vinilo.(46)

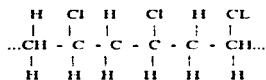
Fue introducido comercialmente en los años de 1920, es realizado por la polimerización de los radicales libres a baja presión a temperaturas que van de 38° a 78°C. El monomero de cloruro de vinilo, es parecido al etileno y al propileno, contiene un doble enlace que puede ser separado para permitir la polimerización, para formar el polímero. Variedades de procesos de polimerización pueden ser utilizadas para producir polímeros adecuados para aplicaciones específicas.

Este tipo de material se presenta casi siempre en forma de polvo blanco, con una densidad de 1.38 a 1.40, cuyo punto de fusión varía de 80 a 85°C. Según el grado de polimerización que corresponda

al peso molecular, pudiendo alcanzar 200.000. Resiste mal el calor y la luz, ya que lo descomponen lentamente con pérdida de ácido clorhídrico, y posterior oxigenación de los dobles enlaces.(43)

a) Estructura y polimerización.

El cloruro de polivinilo es un material parcialmente sindiotáctico, con una gran irregularidad en su estructura por lo que su cristalinidad es muy baja. Su caracterización estructural es complicada por las ramificaciones de la cadena principal y por la tendencia del polímero a asociarse en solución. Su estructura química es la siguiente:



ESTRUCTURA DEL PVC

El monómero de cloruro de vinilo es un gas que ebulle a -14°C . Es comúnmente producido en un proceso de dos etapas, en el cual el etileno reacciona catalíticamente con ácido clorhídrico y oxígeno para producir 1,2-dicloroetano, después se piroliza hasta que se produce cloruro de vinilo y HCl.

La polimerización en suspensión es el método más común para obtener el cloruro de polivinilo pero éste puede obtenerse mediante tres formas, las cuales son: (7)

- 1) Polimerización en suspensión
- 2) Polimerización en emulsión
- 3) Polimerización en masa

1) En el proceso de suspensión se obtiene partículas con un diámetro promedio de 100 micras y que se componen de una gran cantidad de subgranos rodados de una película, los subgranos tienen en promedio

un diámetro de 40 micras los cuales están formados por aglomerados de partículas cuyo tamaño es del orden de 0.2 a 1.5 micras. En el proceso de masa y emulsión se obtienen partículas análogas.(4)

2) En la polimerización por emulsión, se lleva el cloruro de vinilo a una solución jabonosa (emulsión) a temperatura elevada y a una presión tal que el cloruro de vinilo quede líquido y emulsionado en forma de finas gotas en la solución, añadiéndosele un activador (peróxido orgánico). La polimerización tiene una agitación continua. Se emplea extensamente para producir las resinas vinílicas utilizadas en plásticos y organosolca.

3) En los últimos años se han realizado en pequeña proporción la polimerización en masa a escala comercial, a pesar de la insolubilidad del polímero en su monómero y la sensibilidad del método a que los radicales queden atrapados y al sobrecalentamiento local con el deterioro de las propiedades de la resina.(51)

b) Propiedades.

La porosidad es una propiedad importante del PVC, ya que mientras más porosa sea una resina, mayor facilidad de absorción de plastificantes tendrá. El PVC tiene una densidad de aproximadamente 1.20 a 1.30 g/cc lo que lo hace más denso que cualquiera de las poliolefinas no cloradas.

En las resinas de PVC, el rango de peso molecular varía de 50,000 hasta 150,000. Este valor influye tanto en las propiedades mecánicas y físicas del polímero. A medida que el peso molecular de este tipo de material aumenta se mejoran las propiedades: físico-mecánicas, tensión-mecánicas, tensión, elongación, impacto, aumenta la resistencia química a disolventes, álcalis, ácidos, el punto de fusión, la resistencia al envejecimiento, pero disminuye su procesabilidad y solubilidad.

Conforme disminuye el peso molecular, las temperaturas de procesamiento de las resinas serán más bajas y por lo tanto facilitarán el procesamiento, la tensión y resistencia al rasgado son más pobres. El

brillo y la capacidad de aceptación de la carga será mejor y la fragilidad a baja temperatura se incrementa.(4)

1) Estabilidad: el cloruro de polivinilo es muy inestable al calor y a la luz. La iniciación térmica implica la pérdida de un átomo de cloro adyacente a alguna anomalía estructural que reduce la estabilidad del enlace C-Cl, tal como la insaturación terminal. El radical de cloro así formado extrae un hidrógeno para formar HCl; el radical de cadena resultante reacciona para formar insaturación de cadena con regeneración de un radical de cloro. La reacción puede iniciarse también por la luz ultravioleta, que es absorbida por la estructura insaturada con liberación de un átomo de cloro adyacente. En presencia de oxígeno ambas reacciones de la cadena se aceleran y se forman estructuras cetónicas en la misma.

2) Rigidez: el término vinilos rígidos hace normalmente referencia al cloruro de vinilo sin plastificar o a composiciones con sólo un porcentaje bajo un plastificante tal como una resina epoxi. Con frecuencia se mezclan físicamente otros polímeros con el cloruro de polivinilo para mejorar la resistencia al impacto (caucho de nitrilo, polibuteno clorado, resinas ABS) o la capacidad de proceso (copolímero de estireno - acrilonitrilo o metil metacrilato).

3) Copolímeros: El punto de reblandecimiento más bajo y la superior solubilidad de los copolímeros hacen la fabricación mucho más fácil. La estabilidad queda aumentada, en todo caso con respecto a la del homopolímero. El color también mejora. Los métodos de polimerización son similares a los homopolímeros de cloruro de vinilo. Los copolímeros que contienen un 10 a 20% de dietil fumarato o dietil maleato tienen mejor procesado y tenacidad y conservan el elevado punto de reblandecimiento del cloruro de polivinilo.

4) Plastificación: La gran mayoría de las producciones comerciales de resinas de vinilo son en forma de composiciones plastificadas. Como plastificantes para los vinilos son utilizados el dioctil ftalato, el trietil fosfato, el dioctil sebacato y adipato y varios polímeros de bajo peso molecular tales como los ésteres de

poliglicol propilén. Los plastificantes se añaden usualmente a los polímeros entre rodillos calientes o en un mezclador en caliente. (7)

c) Procesos de fabricación.

1) Extrusión soplado: el método de extrusión y soplado se utilizan para elaborar películas de PVC. Es notable la adecuada estabilidad al calor y control óptico, el proceso y la amplia versatilidad de la película, de excelente acabado y manufactura económica, particularmente en la minimización de desechos.

2) Extrusión-calendrado: la extrusión y el calendreo han encontrado aplicaciones en la manufactura de películas de cloruro de polivinilo para envases. Estas técnicas son empleadas en la extrusión de hojas rígidas realmente delgadas alrededor de 0.005 pulgadas y menos, de material flexible.

Las películas de envases de alimentos se restringen al uso de ingredientes permitidos por la FDA, en los Estados Unidos. Esto impone un grado de dificultad más elevado en el desarrollo de un sistema estabilizador efectivo durante el procesamiento para PVC sensible. Los sistemas calcio-zinc son los más comunes pero casi siempre ayudados por otros aditivos que ofrecen sinérgismo. Esencialmente todas las películas de PVC contienen uno o más plastificantes, su ampliación en envases para alimentos requiere que éstos hayan sido sancionados por la FDA. (14)

Los modificadores del impacto son incorporados en películas rígidas y semirrígidas para lograr su estabilidad a baja temperatura. La mezcla satisfactoria de todos estos aditivos con la resina de PVC es un aspecto importante del proceso de producción de películas. La resina empleada debe ser de un material adecuado y un gel libre, debe ser altamente poroso para ser capaz de absorber plastificantes y otros ingredientes. (52)

Debido a la sensibilidad térmica del PVC a las temperaturas de elaboración, la extrusión y soplado de este material resulta mucho más difícil, aunque hoy se domina por completo. Los sobre calentamientos y tiempos de permanencia excesivos en la máquina caliente producen manchas o vetas oscuras e incluso negras. Este método se emplea para producir botellas para agua mineral, para aceite de alimentación, ya que presenta suficiente impermeabilidad frente al oxígeno y sustancias aromáticas se utiliza para producir botellas para productos alimenticios donde se quiere evitar la oxidación y pérdida de sustancias aromáticas, como es el caso del vinagre.

El PVC rígido se transforma por inyección en embalajes, en general de paredes finas. Las ventajas tecnológicas para el sector de embalaje son importantes en el caso de PVC, sobre todo para mercancías que contienen grasas, mercancías aromáticas o sensibles al oxígeno, básicamente para productos alimenticios, los estabilizantes necesarios para la elaboración han de satisfacer las correspondientes prescripciones legales, los deslizantes se elegirán de forma que permitan la inyección de piezas con paredes finas a gran velocidad de ciclo.(48)

d) Aplicaciones.

Cuando se usa en láminas muy finas no proporciona una barrera adecuada contra el oxígeno, y por ello no todas las marcas son adecuadas para utilizarlas en el congelador sin una protección adicional.(19)

En el envasado de alimentos se suele preferir la película no plastificada ya que ello evita cualquier dificultad que pueda surgir de la extracción de los plastificantes por parte de los alimentos. Como se mencionó anteriormente, el PVC es también copolimerizado con otros monómeros tales como el acetato de vinilo, cloruro de vinilideno y propileno. La copolimerización con acetato de vinilo reblandece al polímero hasta tal punto que la adición de plastificantes puede ser no necesaria. Para aplicaciones a baja temperatura, la adición del plastificante puede ser aún deseable y de esta forma, el copolímero encuentra aplicaciones en la fabricación de charolas para refrigeradores.(4)

Se utiliza en envolturas estirables, las cuales las películas se estiran al rededor del producto a envolver y después se sellan por calor. La tensión residual de la película le da un contorno ajustado en el producto al momento de llevar acabo la paletización del producto

Las películas de PVC se utilizan en la elaboración de envases encogibles, comenzó alrededor de 1948 con la envoltura de aves de corral para su almacenaje en congeladores. Se introducía el ave en el envase y se aplicaba un ligero vacío antes de sellarla. Se sometía el envase a un baño de agua caliente con lo cual ésta se encogía ligeramente sobre el producto. Además de proporcionar un empaque extremadamente limpio, la envoltura encogible tenía la ventaja de evitar las quemaduras por congelación.

Una de los campos de aplicación de las envolturas encogibles que se desarrolla con mayor rapidez es en la producción de envases secundarios para latas, cajas, botellas, sustituyendo a las cajas de cartón.(21)

2.5.5 Cloruro de polivinilideno.

Este polímero se designa comúnmente por PVDC actualmente su realización se lleva acabo por la polimerización del cloruro de vinilideno. Se le conoce con el nombre de saran.

Las películas de saran cumplen con ciertas regulaciones de la FDA y son aceptadas por la USDA para el envasado de productos carnicos y aves, en los Estados Unidos. La película es clara, tiene resistencia al estiramiento y una elevada resistencia a la tensión, su densidad es de 1.70 g/cc.(43)

a) Estructura y polimerización.

La polimerización en suspensión se refiere a la polimerización que se efectúa en un sistema acuoso con monómero como fase dispersa, dando como resultado polímeros como fase sólida. El proceso se distingue de la polimerización en emulsión por la localización del iniciador y la cinética seguida: en la

polimerización en suspensión el iniciador se disuelve en la fase monomérica y una cinética es la misma de la polimerización en masa o directa.

La estructura del cloruro del polivinileno es la siguiente:



ESTRUCTURA DEL PVDC

La dispersión del monomero en gotas, de 0.01 - 0.5 cm de diámetro, se mantiene por una combinación de agitación y de estabilizadores solubles en agua, los cuales pueden incluir materiales orgánicos o inorgánicos insolubles finalmente divididos, estos intervienen mecánicamente en la aglomeración de electrolitos para incrementar la tensión interfacial entre las fases y los polimeros solubles en agua para incrementar la viscosidad de la fase acuosa. La tendencia a aglomerarse puede ser crítica cuando la polimerización ha avanzado hasta un punto donde el polimero en globulos se vuelve viscoso. Al final de la reacción, el polimero se libera del estabilizador mediante el lavado, y despues se seca.(7)

b) Propiedades.

El saran es generalmente resistente a solventes organicos, inertes en espacios de temperatura a ácidos y álcalis, con excepción a concentraciones de hidróxido de amonio, completa resistencia al agua, poca transmisión al vapor de agua, inflamable, tenaz, se puede utilizar en un rango de temperaturas de -17.7 a 135 °C(37), presenta indiferencia a olores y sabores, resistente a grasas(35). El copolimero es atacado por alógenos y fuertes aminas orgánicas, el saran plastificado tiene una buena estabilidad a los rayos ultravioleta. La composición del copolimero típico es de 85% de cloruro de vinilideno.(65)

El PVDC recubierto tiene buenas propiedades para ser sellado en caliente, así éstos convienen en los primeros días para el celofán, ya que le imparten no solamente barrera de oxígeno, si no también buen sellado en caliente, por esto es posible su utilización en películas para envases.

La más resistente de las películas de saran, es la película laminada no plastificada que tiene las mejores propiedades de barrera. Las laminaciones adheridas se hacen con esta película como capa central y papel, poliéster, nylon o polipropileno como capas superficiales.

Las buenas propiedades de barrera y la buena adherencia facilita que las películas de copolímero de cloruro de polivinilideno-cloruro de polivinilo puedan usarse para envolver alimentos precocinados para el consumo y ser almacenados en refrigeración (13).

El PVDC es extremadamente sensible al calor y se descompone rápidamente dando un residuo negro y ácido clorhídrico a la temperatura de 205 °C. Es corrosivo en las condiciones normales de extrusión por lo que requiere recubrimientos especiales de níquel en las superficies en contacto con el material. Además que en la extrusión, es necesario que se convine con estabilizantes y a veces con plastificantes.

La sensibilidad a la temperatura del PVDC limita su empleo a estructuras formadas por polímeros que pueden fluir de 200°C para abajo. En cuanto al reciclado de residuos conteniendo PVDC sólo se ha realizado a nivel de laboratorio, demostrándose que no resulta práctico sobre todo con polímeros de alto índice de fluidez. (13)

c) Proceso de fabricación.

Por lo regular las películas de saran forman parte de películas de estructura compuesta, las cuales se obtienen por procesos de laminación: laminación adhesiva y laminación-extrusión.

La laminación-extrusión es utilizada para combinar dos a más sustratos como el papel, películas o láminas de metal. La resina fundida es extruida hasta una fina película directamente sobre un sustrato y laminada al otro sustrato. Estos procesos ofrecen altas velocidades de proceso y laminados resistentes y durables. La capa laminada puede variar en un intervalo de 0.0004 a 0.0025 pulgadas de espesor de la resina, dependiendo de las propiedades deseadas de rigidez y durabilidad.

La laminación adhesiva ofrece generalmente enlaces más fuertes entre los sustratos y en general, puede obtenerse una gran resistencia térmica. Un proceso de laminación puede efectuarse de tal forma que el adhesivo se aplique a un sustrato, el solvente se evapora y los sustratos combinados quedan en un fijador caliente.(52)

El popular nacimiento de la rápida coextrusión de el desarrollo de los copolímeros grandes como PVDC/VCV, PVDC/MA, los cuales tienen un punto de fusión grande, son resistentes a la degradación por calor, por lo tanto podría ser fundido y coextruido para proporcionar una buena barrera al oxígeno en una estructura coextruida en multicapas

d) Aplicaciones.

La aplicación en envases es siempre empleado en la forma de copolímero, éste material acabado se usa ampliamente en envases, porque posee dos muy importantes características:

- 1) Las películas de PVDC / PVC, son claras, flexibles, resistentes, son materiales de altas barreras con excelentes características de adherencia.
- 2) Copolímeros revestidos de PVDC/MMA ó PVD/AN, pueden fácilmente aplicarse para plásticos y sustratos de papel donde se disuelve o dispersa en un solvente como emulsión, éste revestimiento tiene baja permeabilidad al oxígeno en niveles de humedad altos, se utiliza en grandes volúmenes como envase para alimentos.

El PVDC es raramente fabricado como monopelícula en envases de alimentos. Una razón para esto es su alta densidad de 1.7 g/cc, es usado en forma de monopelícula normal en un rango de 1 a 4 mm típico de películas para envases flexibles. Sin embargo es muy conveniente en productos para el consumo, en las envolturas para el refrigerador (43)

Las propiedades de las láminas se ven influidas por las proporciones en particular de cada componente, por su grado de polimerización y por la adición de reblandecedores. Se caracteriza por una serie de buenas propiedades, como indiferencia en lo que respecta a sabor y olor, acentuada impermeabilidad a gases y vapores. Se utiliza con mucha frecuencia, sobre todo para envasar productos de forma irregular (principalmente canales de ave) (35)

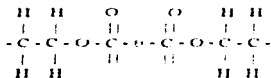
El PVDC se recomienda para envasar quesos, carnes y chocolates. Los polvos de éste material para recubrimientos se aplican sobre papel, cartón y películas plásticas. (14)

2.5.6 Tereftalato de Polietileno.

El Tereftalato de Polietileno se desarrolló en 1940, llevándose a cabo su producción comercial en 1944, es un polímero parcialmente cristalino a 264° C, el cual pertenece al grupo de los termoplásticos. Este tipo de plástico es claro, transparente, con la capacidad para cristalizarse bajo ciertas condiciones, la cual puede estar controlada. El polímero tiene propiedades tales como; resistencia, es dúctil y tenaz, su mejor estado es a bajas temperaturas(13), su temperatura de fusión es muy alta(250 a 290 °C), se puede utilizar en un rango de temperaturas que van de -73.3 a 148.8 °C. (37)

a) Estructura.

El Tereftalato de Polietileno se obtiene de reacciones producidas del ácido tereftálico y el etilenglicol. Teniendo la siguiente estructura:



ESTRUCTURA DEL PET

La producción de poliesteres de alto peso molecular difiere poco del proceso de las poliamidas. En el caso de los nylons, el equilibrio químico favorece el rápido alcance de las condiciones de polimerización. La equivalencia estequiométrica se alcanza mediante el uso de sales, siendo las reacciones de intercambio de amida lentas. En la formación de poliéster, sin embargo en equilibrio es mucho menos favorecido y la equivalencia es más difícil de alcanzar, mientras las sales no lo hagan. Además los ácidos aromáticos y dibásicos son muy difíciles de purificar debido a su baja solubilidad y elevado punto de fluidez.

El ácido como el tereftálico, es convertido a dimetil éster, el cual puede ser fácilmente purificado por destilación o cristalización. Esto permite que reaccione con el glicol vía intercambio éster. En la práctica, un glicol de bajo peso molecular es utilizado y la reacción tiene lugar en dos partes. En el primero, un poliéster de bajo peso molecular es obtenido con un exceso de glicol para asegurar grupos hidroxílicos finales. Después la temperatura es elevada y la presión disminuida para efectuar la condensación de estas moléculas por intercambio éster con la pérdida del glicol.

En la producción del tereftalato de polietileno, el ácido tereftálico es obtenido de la oxidación del p-xileno (64). El paso de polimerización es semejante al de las poliamidas en cuanto a equipo y condiciones. El polímero proveniente de la autoclave cambia del estado fundido a su punto de transición cristalino que es de 80°C aproximadamente, por lo que es amorfo. La cristalinidad se desarrolla durante el calentamiento, el punto de fusión cristalino es de 265°C. El tereftalato de polietileno amorfo (APET), es la forma no cristalizada del PET, éste tiene casi las mismas características de termoformación como el poliestireno, pero tiene menores dificultades para la formación de los compuestos. (13,7)

b) Propiedades.

Debido a su elevado punto de fusión cristalino y a su temperatura de transición cristalina, el tereftalato de polietileno posee propiedades mecánicas adecuadas por encima de los 150 a 175 °C. Presenta buena resistencia a sustancias químicas y a los solventes.

La claridad y las propiedades mecánicas del PET mejoran considerablemente cuando es orientado biaxialmente; esto puede ser hecho simultáneamente estirando la película caliente como molde en dirección longitudinal y transversal.(43)

La resistencia a la tensión de las películas de PET es aproximadamente de 25 000 psi, dos o tres veces más que las películas de celofán. Si el área del espécimen en el punto de rompimiento es considerada, la resistencia a la tensión de este plástico, es aproximadamente el doble que la del aluminio y casi igual a la del acero.

La inflexibilidad de la película de tereftalato de polietileno es comparable a la de las películas de celofán y otras celulósicas, pero su resistencia a los maltratos en repetidas flexiones es sorprendentemente elevada. En una prueba de doblado se mantuvo inalterable después de 20 000 ciclos en relación a los pocos cientos de películas celulósicas. Su resistencia al rasgado es mejor que las de los materiales celulósicos. La resistencia al impacto de este material es tres o cuatro veces más que la de cualquier otra película plástica. Esta resistencia es su mayor ventaja en las aplicaciones. (7)

c) Proceso de fabricación.

Mientras que el tereftalato de polietileno puede ser fácilmente extruido en películas amorfas claras y puede ser termoformado en envases claros y rígidos, su tendencia a cristalizar y fragilizarse durante el proceso, hace que sean materiales de selección los copoliésteres no cristalizables. Una de sus desventajas de los copoliésteres es su menor punto crítico de ecurrimiento y sus requerimientos de proceso en relación al tereftalato de polietileno.

La baja fuerza de fusión del tereftalato de polietileno está recientemente comprobado, siendo este inconveniente para los procesos convencionales de moldeo, extrusión y soplado. Es relativamente duro por el punto de fusión del cristal, con abarcar aquí un cuarto de el polímero, se alcanza una precipitación, decreciendo la viscosidad, lo cual produce una fuerte declinación en la fuerza, un incremento de la viscosidad del polímero incrementa la fuerza de fusión y permite continuos moldes por extrusión-soplado en nuevos equipos para PET o una modificación en el equipo inicial designado para el moldeo por soplado de PVC. La nueva resina está compitiendo con el PVC. (14)

El tereftalato de polietileno que se utiliza para llevar a cabo la inyección es un polímero que tiene una viscosidad de 0.72 a 0.80. Recientemente se empezó a ofrecer el PET grado extrusión, el cual tiene viscosidades mayores a 1.0 y una baja cristalización. Para la fabricación de envases se utiliza una sola máquina la cual lleva a cabo cuatro etapas: inyección en caliente, acondicionamiento de la forma, bio-orientación por estirado-soplado y finalmente la inyección del material (27)

d) Aplicaciones

El tereftalato de polietileno es una resina importante para el envase de alimentos, por sus propiedades como alta resistencia a las temperaturas, excelentes propiedades mecánicas es inerte para los alimentos. El pequeño futuro marcado demuestra que es uno de los envases de plástico que es aprobado por la FDA para contacto con los alimentos a elevadas temperaturas (44). En adición las películas orientadas de PET y hojas son muy claras, tiene excelente estiramiento y rigidez y poseen buenas barreras al oxígeno y al dióxido de carbono.(43)

Es transparente y tiene afinidad con los alimentos, presenta un significativo progreso para envasar una gran variedad de productos alimenticios. Las ventajas que presentan los envases son una buena transparencia, son cómodos, ligeros, tienen la facilidad de ser reciclados, lo cual no altera la ecología.

La mejor ventaja del PET en comparación a cualquier otro material plástico es su limpieza desde el punto de vista ecológico. No usa aditivos, así, cuando se incinera sólo libera agua y bióxido de carbono. También tiene muchas posibilidades de reciclarse en su forma de envase original o emplearse en otras aplicaciones mediante su procesado.(68)

La expansión y el uso del PET en sus diferentes formas ha sido uno de los éxitos en el área de los envase de la última década. Hasta ahora su contribución más importante ha sido en el sector de las bebidas carbonatadas con gas. Se emplean para bebidas efervescentes, para cervezas y sidras. Otro de los usos que se tiene es en el envasado de aceite comestible viéndose acrecentado cada vez más, al igual que se utiliza actualmente para alimentos que son calentados en el horno de microondas.(23)

2.5.7 Etilen vinil-alcohol.

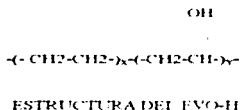
Al etilen vinil-alcohol se le designa por las siguientes siglas (EVOH). Este se obtiene por hidrólisis del grupo acetyl del copolímero etileno-acetato.(46)

Las primeras manufacturas del EVOH fueron por Japón en 1972, fue fundido, incrementando su aplicación como barrera de oxígeno en capas y multicapas coestruidas para películas y contenedores de plástico, esta permeabilidad al oxígeno es mejor que la del cloruro de polivinilideno bajo humedades, pero decrece en humedades muy altas, e utiliza en temperaturas de -28.8 a 148.8 °C (37), su densidad va de 1.14 a 1.19 g/cc.

a) Estructura y propiedades.

En esta familia de materiales barrera, las unidades x de etileno van desde un bajo porcentaje correspondiendo a un 27% mol y un 48 % mol, respectivamente, y corresponde a porcentajes que van de un 52 a un 73.5 mol.

El EVOH tiene general importancia como material barrera. La estructura del EVOH es la siguiente:



El etilen vinil-alcohol es un polímero cristalino que proporciona muy altas barreras al oxígeno y al dióxido de carbono, es generado desde alcohol polivinilo. Se le considera como un polímero que contiene más PVA en unidades de etileno.

Tabla 7 Permeabilidad de oxígeno a través de distintos polímeros

Material	Permeabilidad (23°C) cc ml/100 in ² . día. atms.
EVOH	0.02
PVDC	0.20
NYLON	2.60
PVC rígido	14.00
PP	150.00
PEAD	150.00
PS	260.00
PEBD	420.00

Fuente COLLAR E., TARANGO J. (1987)

El EVOH, al igual que el PVDC, poseen permeabilidades al oxígeno muy bajas, lo cual se puede observarse en la tabla 7. Es por ello que ambos se usan como materiales barrera en laminados, en combinación con otros polímeros como el PP, el PEAD, PEBD. Lo habitual es colocar la capa barrera próxima al centro por varias razones: el material barrera suele ser muy fino de espesor (25-125 micras) y podría dañarse fácilmente al arañarse las paredes del envase. Debe evitarse durante la confección de la

película el contacto con la boquilla y mantenerlos aislados de los rodillos, en el caso del PVDC debido a su elevada capacidad de corrosión, y en el caso del EVOH debido a su gran sensibilidad a la humedad.

Uno de los grandes problemas que tiene el EVOH es su elevada sensibilidad a la humedad (ver tabla 8). A niveles de 60 a 70%, sus propiedades barrera comienzan a caer rápidamente. Por debajo de estos niveles es tan bueno como el PVDC. Las propiedades se recuperan cuando baja el nivel de humedad y se reduce el contenido de agua de las películas.

El EVOH se procesa fácilmente, no se requieren materiales de construcción especiales en los equipos de procesamiento y pueden transformarse hasta temperaturas de 260 °C. Puede, por ello procesarse en combinación con cualquier tipo de PP, PEAD y PET.

El reprocesado de residuos con EVOH no presentan problemas particulares. Puede funcionar como cualquier otro relleno, aunque algunas propiedades físicas pueden alterarse. (17)

Tabla 8 Permeabilidad al vapor de agua a través de diferentes polímeros

Material	Permeabilidad (100°F)
	11R: 90 % gm.mil/100 in2.24 hr.
PVDC	0.05
PP	0.70
PEAD	0.70
PEBD	1.20
PVC rígido	3.00
PS	7.00
NYLON	16.00
EVOH	45.00

Fuente COLLAR F, TARANGO J. (1987)

Su característica de resistencia al agua y su aumento resaltado como el aumento de las unidades de etileno para el mismo tiempo las cualidades de barrera al oxígeno y cristalinidad disminuyen. Las unidades de etileno y PVA contenidas en el EVOH van de un rango de 29 a 48 mol % y desde 71 a 52% respectivamente.

El etilén vinil-alcohol tiene propiedades de ser resistente, transparente, es resistente a todos los solventes con excepción del alcohol. Las películas de EVOH tienen excelentes barreras a los gases en condiciones secas, pero es considerablemente afectado por la humedad del ambiente, por lo tanto es preferible para películas y laminaciones con poliolefinas para que sea resistente al agua semejante al PP o al PE.

b) Aplicaciones.

Las construcciones de películas coextruidas como el nylon-6 /EVOH/ ionomero u nylon-6 /nylon-EVOH mezclado/ ionomero son extremadamente importantes como material de envases grandes. Tienen un amplio rango de usos como envase; para salchichas, viena, salchichas de carne de vaca y cerdo, rebanadas de jamón y carne, especialmente se emplean para contenedores.

El EVOH y el nylon 6 se unen para formar otro compuesto, el cual puede ser laminado por medio del proceso de coextrucción. Este material es transparente, sin embargo el radical terminal de los polímeros reaccionan con otros, y el componente toma un matiz amarillo.

2.5.8. Poliamidas.

Las poliamidas son los polímeros comúnmente conocidos como nylóns, resultantes de la condensación de una diamina y un ácido dicarboxílico o sus monómeros equivalentes. La identificación de los diferentes nylóns se realiza escribiendo la palabra genérica nylón seguida de uno o dos números, cuando el nombre solo contiene un número, éste indica el número de átomos de carbono del monómero del que proviene.

a) Estructura y polimerización.

Existen una gran variedad de poliamidas las más importantes desde un punto de vista comercial son: el nylon-6 y el nylon-6,6 representando entre el 85 y el 90% del mercado total.

El nylon-6 se obtiene a partir de la polimerización de la caprolactama (amina con 6 carbonos), el nylon-11 proviene del ácido 11-Imno undecanoico (de 11 carbonos), así también el nylon 6,6 es el producto de la condensación del ácido adipico, $\text{COOH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ y la hexametilén diamina (de 6 átomos de carbono), $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$:



La polimerización de las diferentes poliamidas, se lleva a cabo de la siguiente manera:

1) Nylon 6,6

El ácido adipico puede obtenerse a partir de un gran número de sustancias químicas, entre ellas el ciclohexano acetileno y tetrahydrofurano. Un proceso comercial comprende la oxidación del ciclohexano por el aire hasta una mezcla de ciclohexanona y ciclohexanol. La mezcla se oxida a ácido adipico por tratamiento catalítico con ácido nítrico. La hexametildiamina, puede hacerse a partir del ácido adipico por deshidratación catalítica en presencia de amoníaco para dar adiponitrilo, seguida de una hidrogenación.

2) Nylon 6

La caprolactama (nylón 6) puede sintetizarse comercialmente, mediante la oxidación del ciclohexano a ciclohexanona, de la que se obtiene la oxima, ésta oxima reacciona para dar caprolactama. La polimerización de caprolactama se lleva a término por adición de agua para abrir los anillos y eliminación subsiguiente del agua a temperatura elevada en la que se forma el polímero lineal. La policaprolactama está en equilibrio con alrededor de un 10% de monómero que debe eliminarse lavando con agua antes de que el polímero pueda ser hilado. A la temperatura de hilado se forma más monómero para establecer el equilibrio, que debe ser eliminado de nuevo para lograr buenas propiedades del hilo. (11)

b) Procesos de fabricación.

De los diferentes tipos de poliamidas el nylon-6 está siendo usado más ampliamente como material de envase como película flexible orientada, comparado con el nylon-6,6.

La película de nylon-6 biaxialmente orientada es producida por un dado circular o plano. Cuando el dado plano es utilizado, la orientación se lleva a cabo en dos direcciones: simultáneamente en dirección longitudinal y dirección transversal. Si las películas de nylon-6 son primero extendidas longitudinalmente, las moléculas del polímero estarán orientadas en una dirección, después como esta es estirada en dirección transversal, se lleva a cabo un desgarre en dirección longitudinal debido a la fuerza intermolecular en el sustrato y la orientación adicional es incapacitada, bajo estas circunstancias se han desarrollado procesos para llevar a cabo una orientación biaxial simultánea (46).

c) Propiedades.

La diferencia en el número de átomos de carbono en la amida provoca una diferencia importante en las propiedades mecánicas y físicas del nylon resultante tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Diferentes propiedades de las poliamidas.

Propiedades	Nylon 6	Nylon 6,6	Nylon 11
Gravedad específica	1.12	1.14	1.10
% absorción de agua en 24 hr.	1.60	15.00	0.30
Punto de fusión °C	215.00	265	194
Resistencia a la tensión (kg/cm ²)	826.00	847	561
% de elongación a la ruptura	50-200	40-80	200
Modulo de flexión (kg/cm ²)	27.24	28.56	12.24
Temperatura de flexión a carga (°C)			
5 kg/cm ²	185	245	150
18 kg/cm ²	6565	75	55

Fuente: Comisión Petroquímica Mexicana (1988).

Las poliamidas generalmente se procesan en estado líquido para evitar la absorción de agua, ya que son totalmente higroscópicas, inclusive cuando se empacan pueden requerir de un secado posterior. La presencia de humedad provoca la modificación de algunas de sus propiedades pudiéndose observar en la tabla 10, pero salvo que se sumerjan en agua caliente las velocidades de absorción de agua son bastante bajas. El efecto no es permanente y las propiedades son restauradas al secarse. El nylon 11 y 12 son mejores en este aspecto, y tienen una menor absorción de agua que el nylon 6 y 6,6. (11)

Por otro lado las poliamidas experimentan degradaciones en el peso molecular y las propiedades mecánicas cuando se exponen a temperaturas elevadas, aunque esta degradación depende en gran medida del período de exposición. El agregar estabilizadores de calor permite todos los grados de poliamidas a temperaturas de 90-120 °C, no obstante, todos los grados de poliamidas pueden resistir exposiciones a altas temperaturas si el período de exposición es pequeño. (18)

Tabla 10. Influencia de la humedad relativa en las propiedades.

Propiedades	Nylon 6		Nylon 6,6	
	seco	50% HR	seco	50% HR
Resistencia a la tensión (kg/cm ²)	825	458	846	591
Modulo de tensión (kg/cm ²)	27.531	9890	28.55	12.23

Fuente Comiston Petroquímica Mexicana (1986)

En general las poliamidas son materiales resistentes a la ruptura, con alta rigidez y presenta buena resistencia a la abrasión, al igual que tienen un alto punto de fusión y resisten la esterilización con vapor a una temperatura aproximada de 140 °C y es secado a altas temperaturas. A bajas temperaturas mantienen su flexibilidad, así estas pueden ser utilizadas en amplios rangos de temperatura (-73.3 a 204.4 °C). (37).

Las películas de nylon presentan parcial permeabilidad al vapor de agua y muy buena barrera al gas, pueden ser envasados al vacío, al igual que presentan buenas barreras a los olores. Dentro de sus propiedades químicas las películas de nylon son resistentes a los ácidos débiles, solo son atacados por concentraciones de minerales ácidos, presentan resistencia a álcalis y son particularmente resistentes a

solventes orgánicos, aceites y grasas, presentan excelente transparencia, especialmente cuando es orientado biaxialmente, su brillo se puede mejorar por orientación. La orientación de las películas de nylon mejoran considerablemente las propiedades mecánicas y la transparencia, al igual que la permeabilidad al vapor de agua y a los gases es también reducida.(11)

En particular el nylon 6 se caracteriza por la combinación de elevada resistencia, elasticidad y resistencia a la abrasión. Las buenas propiedades mecánicas se conservan hasta los 150 °C, aunque el límite más adecuado para sus utilidades como plástico es 125 °C, a bajas temperaturas conserva bien la tenacidad y la flexibilidad. La resistencia a los disolventes del nylon es buena; solamente los fenoles, cresoles y el ácido fórmico disuelven el polímero a temperatura ambiente, los ácidos fuertes lo degradan en menor proporción.

El polímero se decolora al aire a temperaturas alrededor de 130 °C y se degrada por hidrólisis a elevadas temperaturas, sus propiedades de comportamiento a la intemperie son sólo regulares a menos que haya sido especialmente estabilizado o pigmentado con negro de humo. El nylon tiene un peso específico moderadamente, siendo de 1.14, Su resistencia a la humedad es mediana; la humedad actúa como un plastificante aumentando su flexibilidad y dureza.

Las propiedades del nylon-6 son similares al nylon 6,6 pero tienen un punto de fusión cristalino más bajo 225°C frente a 265 °C para el nylon 6,6, es más blando y menos rígido. (8)

d) Aplicaciones.

El nylon 6 nylon 11 es más práctico que el nylon 66 para proteger los alimentos congelados, pero aún así se utiliza en cuantía limitada. El nylon en forma de película en el mercado doméstico, aunque se ha utilizado para algunos productos de "cocción en bolsa", sobre todo los arenques ahumados, también forma parte de distintos laminados utilizados para la protección de productos congelados.(19,35)

La película de nylon se usan para el envasado a vacío de productos alimenticios en particular rebanadas de queso. Debido a su alto punto de fusión se puede dirigir su uso para bolsas del tipo boil-in-the-bag. Otro de los usos que se tiene es en envases para equipo quirúrgico (debido a que puede ser esterilizado con vapor). Un laminado de nylon/PE, es usado para el envasado de semisólidos y cierto tipo de pescado tal como el camarón refrigerado.

La orientación biaxial de las películas de nylon mejoran la resistencia al agrictamiento, al doblarse; las propiedades barrera y mecánicas, permitiéndoles ser utilizadas en envases para quesos procesados y naturales, carne cocinada y alimentos refrigerados.(11)

CAPITULO
III

CAPITULO III. CAJAS PLEGADIZAS.

3.1 Fabricación de papel.

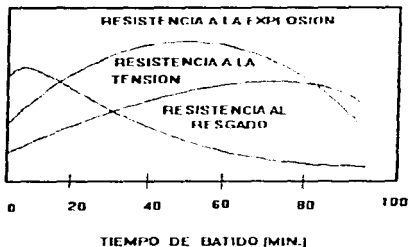
La materia prima principal para la fabricación del papel y del carton es la celulosa, se obtiene principalmente de la madera. Los desperdicios de papel o fibras secundarias, ocupan un lugar muy importante además de las fibras, ya sean simplemente recicladas o con algún proceso adicional.

La madera es la más empleada a nivel mundial del 80 a 85%. El tronco del árbol es la parte que se utiliza para la obtención de la celulosa, que también suele llamarse pulpa. La estructura de la celulosa es fibrosa, se encuentra asociada con una sustancia compleja llamada lignina, que sirve como adhesivo para mantener unidas entre si a las fibras de celulosa en plantas. La composición química de los materiales fibrosos es la siguiente: 50% de celulosa, 30% de lignina y 20% de hemicelulosa y materias extrañas. De estos materiales, la celulosa es la que tiene valor para la elaboración de papel, aunque los otros carbohidratos que se conocen como hemicelulosa, también son adecuados y contribuyen a la facilitar la refinación durante el proceso de la fabricación de papel.(55)

La pulpa de papel se fabrica por hidrólisis ácida empleando sosa cáustica o por hidrólisis alcalina de la pulpa de madera. Esta es procesada en una suspensión de agua, en una proporción de 96% de agua y 4% de sólidos, la cual es batida con el fin de romper las fibras a la vez que son hidratadas.

El tipo de batidora más utilizada es la Holandesa, la cual consta de un tanque de madera o acero con los extremos redondos y una división parcial en medio dejando una canal alrededor de la cual la pulpa circula en forma continua. De un lado tiene un rodillo equipado con cuchillas o barras, y directamente de bajo hay una placa con barras estacionarias. Al operar la pulpa en circulo es obligada a pasar entre las barras del rodillo giratorio y las barras de la placa estacionaria, el rodillo se puede elevar o bajar para lograr los resultados deseados.(6)

Figura 7 cambio en las propiedades del papel con el tiempo de batido



Fuente RODRIGUEZ T. (1995).

El batido de la pulpa juega un papel muy importante en el establecimiento de las características del papel ya que con un batido de poco tiempo se producirá un papel altamente absorbente con una alta resistencia al rasgado, pero una baja resistencia a la explosión y a la tensión. Con mayor tiempo de batido el papel tendrá más alta resistencia a la explosión y a la tensión pero con un decremento en la resistencia al rasgado, lo anterior puede observarse en la figura 7.(62)

La refinación es probablemente el proceso más importante en la fabricación del papel. El papel hecho con pasta sin refinar es esponjoso, poroso e inadecuado para la mayoría de los usos, pero si se hace con pasta refinada es resistente, denso. Con fibras refinadas se puede formar fácilmente una hoja de papel uniforme con densidad relativamente alta, mientras que con fibras sin refinar esto no es posible. Los principales efectos de la refinación son físicos y entre los más importantes están los siguientes: hidratación e inchamiento de la fibra, disminución de su longitud, aumento de su flexibilidad y fabricación, con el siguiente aumento de la superficie externa de la fibra. Los efectos de la refinación tienen una importancia fundamental tanto en la estructura de la hoja como en las uniones entre fibras, de las cuales dependen la mayor parte de las propiedades del papel.

Entre las propiedades de la hoja de papel la refinación mejora algunas características, pero tiene efecto negativo en otras, por lo que se deben conocer estos cambios para cada tipo de celulosa y así poder seleccionar las condiciones de refinación adecuadas para obtener ciertas propiedades, sin deteriorar otras. En general el aumento de la refinación aumenta las resistencias a la explosión, a la tensión y al doblez, incrementa la lisura, la dureza y uniones entre las fibras, pero disminuye la resistencia al rasgado, disminuye opacidad, espesor y estabilidad dimensional.

Posteriormente se pasa a otro paso, el encolado en el cual se agregan productos químicos que hacen que el papel tenga cierta resistencia a la penetración del agua o de soluciones acuosas. Se tiene encolado interno, cuando los materiales encolantes se mezclan con la pasta, también se puede aplicar encolado en la superficie del papel parcialmente secado, llamándose encolado superficial.

En los papeles para envases y embalaje es muy importante un buen encolado para evitar que la humedad penetre hacia los productos o en el caso de estar húmedos, que salga hacia el exterior y también porque al humedecerse el papel o cartón, pierde su resistencia y deja de ser protección.

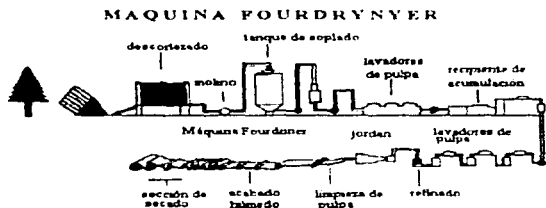
Los productos tradicionales para encolar el papel son el encolante de brea y el sulfato de aluminio, que requieren un pH de 4.5 a 6, por lo que se realiza en medio ácido. Actualmente se han desarrollado encolantes que trabajan en medio alcalino o neutro, entre estos podemos citar los diameros de alky keteno. También se pueden emplear para encolar productos que contienen ceras (56)

Posteriormente la pulpa tratada pasa a través de las máquinas para la fabricación del papel, estas máquinas son de dos tipos básicamente:

a) Máquina Fourdrinier; trabaja a altas velocidades y es utilizada para la fabricación de papel de pesos ligeros y medios, por otra parte el ancho de las bobinas en este proceso pueden ser desde 0.76 m. hasta 8.1 m. Esta máquina está compuesta de varias secciones, una de ellas es la caja de entrada que sirve para alimentar la pasta a la masa de formación o Fourdrinier, de manera que penetre en forma

homogénea y sin turbulencias que afectaría la formación del papel. En esta parte la consistencia de la pasta suele ser menor del 1%. Al salir la pasta de la caja de entrada a través de un labio que gradúa la cantidad y la distribución de la pasta a lo ancho de la máquina, cae sobre una tela sin fin, en la que se forma la hoja a la vez que pierde gran cantidad del agua en la que venía suspendida la pasta, hacia el final de la tela, por su parte inferior se encuentran unas cajas de succión que ayudan a que el agua drene con mayor velocidad y por último un cilindro de succión, pasando el cual, la hoja de papel, con una humedad cercana al 90%, pasa a la sección de prensa, en la que a base de presión y algunas veces con succión se le extrae la mayor cantidad de agua que sea posible de aquí pasa a la sección seca de la máquina, con una humedad de un 65%, en esta máquina se hacen papeles finos para escrituras, periódicos, para envolturas, para libros, etc.(ver figura 8).

Fig. 8 Representación esquemática de la Máquina Fourdrinier



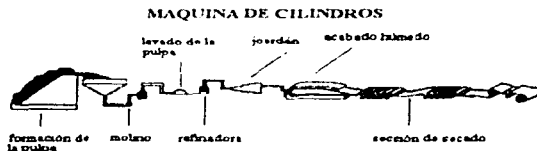
Puente. RODRIGUEZ T (1995)

b) Máquina de cilindros: es más lenta que la anterior y la diferencia básica con esta última es el diseño de la tapa del acabado húmedo(ver figura 9). Por otra parte en ancho máximo de la bobina es de 5.6 metros, ésta considerada la mejor para la fabricación de papeles pasados ya que el proceso permite la elaboración de cartoncillos de varias capas pudiendo utilizar diferentes calidades de pulpa en cada una de ellas.

En esta máquina se trabaja en dos secciones en la húmeda y en la seca:

1) Sección húmeda: esta sección está formada por una serie de formadores y la sección de prensas. Los formadores constan de una tina en la que se recibe la pasta preparada, un cilindro recubierto de tela metálica o de plástico, que se encuentra dentro de la tina y sobre la tela se forma la hoja que es recogida por un fieltro que la lleva a recoger las hojas de los otros formadores de manera que se van empalmando para hacer una hoja de mayor espesor que pasa a la sección de prensas donde se extrae el agua, se consolida y disminuye la rugosidad de su superficie.

Fig 9 Esquema de la Máquina de Cilindros



Fuente: RODRIGUEZ T (1995)

2) Sección seca: Después de la sección humedad pasa a la sección seca la cual se compone de las secciones de secadores, la calandria, el enrollador y la recombobinadora.

El papel que proviene de la sección de prensas, con una humedad aproximada del 65%, pasa por varios secadores que son cilindros calentados con vapor en su interior, además de secar el papel hasta llegar aun contenido de humedad del 6% en esta operación se fijan las uniones entre las fibras y se modifica la superficie del papel que se mantiene en contacto con los secadores. Al salir de esta sección el papel, entra a la calandria que está formada por cilindros de acero con la superficie muy pulida, apilados uno sobre otro, entre los que pasa el papel y es sometido a presión y a fricción, el objeto de esta operación es controlar el espesor de la hoja y darle el acabado superficial. Después se encuentra el enrollador que sirve para hacer un rollo a todo lo ancho de la máquina y de aquí se pasa a la embobinadora, que sirve para reducir el ancho

del rollo a las medidas que convenga para su transformación o venta. En esta forma queda terminado el papel y listo para pasar a los procesos. Algunos de los papeles que se fabrican son: "kraft" café y blanco, semi "kraft", "liner" café y blanco, cartoncillo "dúplex" recubierto y sin recubrir, cartoncillo gra. Con estos papeles se fabrican bolsas, sacos, cajas plegadizas y de corrugado, así como envolturas simples. (6)

3.2 Papeles y cartones empleados en el envasado de alimentos.

Existe una gran variedad de papeles empleados en el envasado de alimentos, nombrándose a continuación los de mayor importancia:

a) Papel "kraft".

Se obtiene a través de la pulpa de sulfato, puede ser blanqueado, semiblanqueado o sin blanquear, puede ser fabricado en diferentes pesos y espesores, presentando características tales como: excelente resistencia, debido a la longitud de las fibras utilizadas, el método de fabricación y la combinación de los compuestos químicos utilizados en la obtención de la pulpa, estos compuestos le confieren un color café al papel.

El papel "kraft" debido a su resistencia que presenta se emplea en la fabricación del papel tisue, papel para bolsa, sacos multicapas, papel para envolturas, al igual que se utiliza como papel base de laminaciones con aluminio, plástico. (63,57)

b) Papel pergamino vegetal.

Tiene propiedades de resistencia a la humedad, pudiendo ser remojado por periodos largos o hervido en agua, conservando esta propiedad. Se fabrica con la pulpa obtenida por un proceso ácido, la acción de los ácidos provoca en la celulosa un estado gelatinoso, llenando los poros y uniendo fuertemente las fibras. El papel obtenido se puede tratar con silicones, almidones, glicerina y muchos otros materiales proporcionándole otras características al papel. El papel vegetal se emplea para envolver mantequilla, margarina, carnes, quesos, para empacar aves y pescado.

c) **Papel "glassine".**

Este tipo de papel es obtenido de un proceso a base de sulfitos, a partir del papel "kraft" o pulpas de procesos combinados. En la fabricación del papel la pulpa es batida por tiempos largos, ocasionando que las fibras se hidraten altamente, lográndose gelatinizar, obteniéndose una hoja densa sin espacios entre las fibras, mientras que el agua absorbida por las fibras no puede escapar a la superficie, ambas propiedades brindan la propiedad de ser una buena barrera a las grasas y aceites. Son muy utilizadas para envolturas, sobres, materiales de barrera, sellos de garantía en tapas, se pueden encerar, laminar, en la industria alimenticia son muy utilizados, empleándose para envasar grasas y aceites.

d) **Papel "tissue".**

Se elabora a partir de pulpas químicas y en otros casos de papel reciclado y pueden ser hechos de pulpa blanqueados o sin blanquear, se encuentran por lo regular en pesos de 8 a 18 libras, éstos se fabrican en Máquinas Fourdrinier o de cilindros. Entre sus aplicaciones se tienen para proteger envases de vidrio, utensilios, bolsas de mano, etc.

e) **Papel encerado.**

Los papeles "kraft" y "glassine" en su mayoría son comúnmente utilizados para la fabricación de éste tipo de papel, siendo encerados por tres diferentes formas; cera en emulsión, encerado en seco y encerado en húmedo, brindando así una buena protección a la humedad en su estado líquido y vapor, lo que lo hace útil para alimentos sensibles a la oxidación, la destrucción de estructuras por efecto de humedad como cereales, alimentos secos y por la industria de congelados.

Cuando se lleva acabo el encerado en emulsión el papel es tratado superficialmente con una emulsión agua-cera, que una vez evaporada el agua queda una pequeña cantidad de cera en la superficie del papel. El papel encerado en seco contiene una mayor cantidad de cera misma que es aplicada en la hoja de papel seca, mientras que el proceso de encerado en húmedo requiere de humedecer el papel, lo que provoca que se deposite una cubierta de cera sobre una de las caras del papel.

f) **Cartón "Solid white boards".**

Se fabrica en su totalidad con pulpa nueva de madera su uso se halla muy extendido en el envasado de productos congelados, para este fin, es necesario que el cartón sea protegido en ambas caras con un fino recubrimiento de cera.

g) **Cartón "Lined chipboard".**

El reverso de estos cartones es gris y fabricado con papel reutilizado. Estos envases se pueden manchar cuando hay contacto directo con harina o grasa. La superficie externa puede hallarse constituida simplemente por papel kraft marrón si se requiere solamente consistencia y no una buena calidad de impresión, para que ésta se pueda lograr, es necesario ponerle un recubrimiento de color crema o color blanco. Se emplea para la fabricación de cajas para azúcar, macarrones, etc.

h) **Dúplex boards**

En la fabricación de este tipo de cartón no se hace uso de pulpa de papel reaprovechable. Su reverso se fabrica con pulpa nueva de madera. Este tipo de cartón son útiles para el envasado de alimentos, cuando estos son húmedos o pegajosos pueden utilizarse con un recubrimiento de cera por una o ambas caras.

3.3 Cajas plegadizas.

Uno de los envases más populares en varias de aplicaciones son los envases de cartón plegadizos, debiéndose a varias razones tales como su facilidad de almacenamiento, ya que éstas se pueden doblar ocupando un mínimo de espacio, su versatilidad en la distribución de diversos alimentos y la facilidad de lograr excelentes impresiones permitiendo mejorar circunstancialmente la presentación del producto, por lo cual son ampliamente utilizados en la industria de alimentos, a demás que presentan una buena resistencia. La resistencia que tienen los envases de cartón plegadizos esta limitada por el proceso de manufactura teniendo como límite en la fabricación un grosor de 0.032", lo cual repercute que este tipo de envases pueden ser utilizado para productos que no excedan de 1.5 Kg, éste tipo de envases en cuanto a sus dimensiones no pueden exceder a unos cuantos centímetros por lado.

El envase plegable de cartón contribuye a la conservación y distribución de los alimentos en condiciones higiénicas, ya que éstos, una vez envasados, quedan protegidos al cerrar el envase después del llenado. El té, los productos de panadería y pastelería, los frutos secos, alimentos refrigerados y congelados, alimentos para bebés y los cereales constituyen algunos ejemplos del tipo de alimentos distribuidos de esta forma.

Algunas de las ventajas por lo cual son populares los envases de cartón plegadizo son las siguientes: (47,53)

- a) Facilidad de almacenamiento.
- b) Minimiza espacios al ser almacenado.
- c) Economía.
- d) Facilidad a la palpitación.
- e) Impacto en el segmento de mercado.
- f) Facilidad de transporte.

Los materiales utilizados para la fabricación de los envases plegables tienen como base el papel "kraft" ó cartulinas sulfitadas o sulfatadas en una o varias capas (con la idea de mantener suficiente flexibilidad y resistencia al quebrado por doblez), estos cartones se elaboran especialmente con una flexibilidad suficiente para que no se quiebre cuando son doblados en sus líneas de doblez. Estos son fabricados en máquinas de cilindros, permitiéndonos obtener cartones de varias capas, donde las capas intermedias generalmente son fabricadas de material de reproceso y las capas externas generalmente son fabricadas de pulpa de papel periódico con un buen porcentaje de celulosa virgen.

Algunos cartones utilizados para los envases plegadizos pueden ser recubiertos para proporcionarles características particulares que contribuirán a que las cajas plegadizas sean más aptas para un determinado producto. Los materiales pueden ser aplicados sobre la superficie del cartón por aspersión, laminados y tratamientos aplicados durante la manufactura, al ser mezclados con la pulpa para formar un producto integral.

Para helados, leche y alimentos congelados, a las cajas plegadizas se les adiciona un recubrimiento de cera o de polietileno ayudando así al envase a que sea más resistente al agua.(34)

3.3.1 Recubrimientos utilizados en los envases plegadizos.

a) Cera.

Las ceras permiten obtener acabados brillantes y recubrimientos superficiales o profundos que penetran en el espesor del cartón. La cera pura por ser un material quebradizo, es relativamente permeable al vapor de agua y la permeabilidad de los cartones recubiertos con este material se deterioran durante la manipulación por los cortes, punteados y plegaduras, tienen baja resistencia a las grasas y aceites.

La cera suele mezclarse con otros compuestos para mejorar sus características tales como: ceras microcristalinas, goma butílica, poliisobutileno, polietileno de baja densidad obteniendo así un envase brillante, flexible, muestra buena permeabilidad al vapor de agua incluso después de la manipulación. Entre los compuestos que se adicionan a la cera los más importantes son los copolímeros de acetato de vinilo en una proporción de 5 a 25% con lo cual mejora la resistencia a la grasa.

b) Polietileno.

Un método que se emplea para el recubrimiento es el de extrusión. El peso del recubrimiento es de 25g/cm², que suelen ser en la mayoría de los casos, proporcionando una buena resistencia a la transmisión de vapor de agua y una excelente barrera a las grasas y aceites, por sus diferentes aplicaciones ha ido desplazando a los recubrimientos con cera y algunos laminados. Tiene como inconveniente que no ofrece buena protección ante los olores, se aplica entre otros usos a la leche, panadería y alimentos congelados y refrigerados.

c) Cloruro de polivinilideno.

Con éste se obtienen recubrimientos que presentan excelente resistencia al vapor de agua, a la transmisión de olores y buena barrera a las grasas. El peso de este recubrimiento superficial es de 30 a 35 g/m². Cuando se emplea este producto el cierre térmico resulta más difícil que con el polietileno.(3,38)

d) Hoja de aluminio.

Se emplea laminando el cartón ofreciendo un envase de excelentes barreras y atractivo visual.

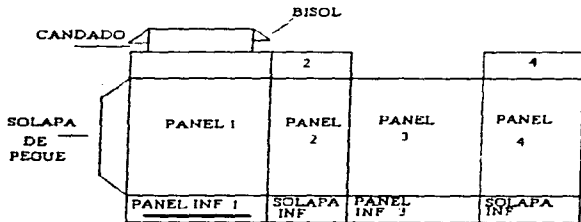
e) Tereftalato de polietileno.

Mediante una construcción se recubre al cartón, esto se hace con el fin de brindarle a la caja plegadiza resistencia a la temperatura, con lo cual se hace viable para poder ser utilizado en el horno de microondas.(47)

3.3.2 Tipos de cajas plegadizas.

La nomenclatura que tienen por lo general las cajas plegadizas se observa en la figura 10, donde sus componentes son el bisol, panel, candado y solapa. Las variedades que existen de cajas plegadizas para envase, son muy amplias, éstas van desde su armado, el cual puede ser de forma manual ó automática, además que existen de fondo automático ó fondo falso; las primeras son más fáciles de armar que las otras.

Fig. 10 Nomenclatura de las cajas plegables



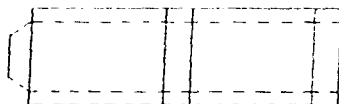
Fuente:RODRIGUEZ T. (1991)

Las variedades que existen de cajas plegadizas para envase, son muy amplias, éstas van desde su armado, el cual puede ser de forma manual ó automática, además que existen de fondo automático ó fondo falso; las primeras son más fáciles de armar que las otras, independientemente de esto, la selección de la estructura y tipo de forma, la selección de materiales dependerán de las necesidades que requiere en particular el producto y de las características de la distribución y mercado para su consumo. Algunos de los tipos de cajas plegadizas más comunes son las siguientes:

a) Tipo "Gled-end".

Este tipo de caja se observa en la figura 11, en donde su fabricación es a partir de una pieza de cartón que se corta y pliega encolándose por su costura lateral, las tapas están constituidas por cuatro solapas rectangulares, las dos superiores se encolan superpuestas. El desplegado y encolado se efectúa en máquinas automáticas.

Fig 11 Caja Plegable Tipo "Gled-end"



Fuente RODRIGUEZ T (1991)

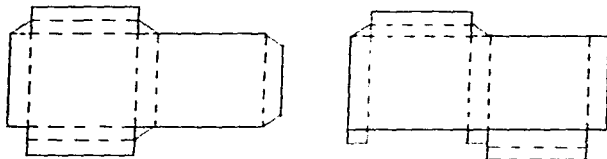
En estos envases debido a su estructura no se producen pérdidas cuando el contenido es granular o pulverulento, se protege al contenido del aplastamiento. Los envases encolados son muy adecuados para materiales granulados, para frutos secos y productos a base de cereales.

b) Tipo "Tuck-End".

Este tipo de envase puede observarse en la figura 11. Se divide en "Straight-tuck" y el "reverse-tuck" basado en la posición de la solapa. Cada extremo de la caja tiene tres solapas y la central posee una

prolongación doblada que se introduce en el cuerpo del envase para efectuar el cierre. Este tipo de caja resulta adecuada tanto para el envasado manual como para el automático. Es de fácil apertura y cierre.

Fig 12. Envase Plegable Tipo "Tuck End"



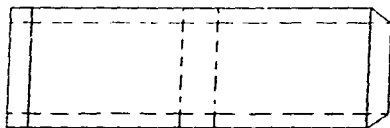
Fuente: MEJIA M. (1993)

Resulta propia para la protección de tubos y botellas durante su transporte, además tiene una mayor superficie en la cual se puede llevar a cabo una adecuada impresión. Se utiliza en el envasado de alimentos pulverizados.

c) Tipo "Seal-End".

En cuanto a su estructura, se pega tanto el fondo como la parte superior con algún adhesivo. Se utiliza para cereales, para medicinas, para el contenido de polvos; ya que su estructura está prevista para que no se escapen una vez introducidos, su esquema se presenta en la figura 13.

Fig 13. Envase Plegable Tipo "Seal-End"

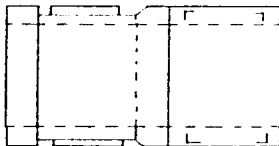


Fuente: KADOYA T. (1991)

d) Tipo "Lock-end"

En este envase el tipo de cierre se efectúa mediante lengüetas recortadas en la solapa principal que se introducen en las correspondientes ranuras de las solapas opuestas, viéndose esquematizado en la figura 14:

Fig. 14 Envase Plegable Tipo "Lock-End"

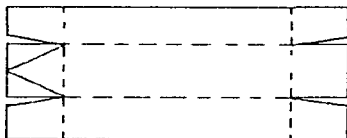


Fuente: HEISS R. (1971)

Si se desea más seguridad manteniendo siempre la facilidad de apertura, las tapas de este tipo pueden cambiarse con el fondo del tipo glued-end. El envasado de este tipo de caja es de forma manual o automática, se emplea para productos de panadería y pastelería. Si el envase se fabrica en cartón encerado, también puede envasarse helados.

e). Tipo "Open-top".

Fig. 15 Envase Plegable Tipo "Open-top"



Fuente: KADOYA T. (1991)

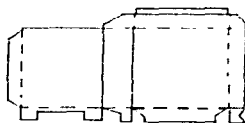
Pueden fabricarse tanto con bases de solapas pegadas como con orejetas. Se suelen utilizar sin ningún otro tipo de envase interno para contener fruta, productos de pastelería y panadería.

El cierre de estos envases puede realizarse o bien mediante una envoltura de papel transparente resistente a la humedad, o con una solapa única con cartera a modo de tapa. Su uso se halla muy extendido en la industria de los bizcochos y otros productos similares. Para el envasado de algunos productos congelados se utiliza "Solid white board", éste tipo de envase se observa en la figura 15.

f) Tipo "Lock-Bottom".

Es resistente debido a que el fondo de la falda esta dentro de la estructura. Es ampliamente utilizado como embalaje de botes de cosméticos, medicinas y vinos, entre otros. Es armado en forma manual o semiautomática llamada semiautomática "lock-bottom", otra de las formas es automática a alta velocidad llamada automática "lock-bottom", su esquema se muestra en la figura 16. (37,46,61)

Fig. 15 Envase Plegable Tipo "Lock-Bottom"



Fuente KADOYAT (1991)

3.4 Usos de envases plegadizos.

Una de las grandes aplicaciones que tienen los envases plegables es para la leche fluida, llevando acabo un previo recubrimiento del envase con polietileno. Se aplica a otros productos como: sal, jarabes, mayonesa y mediante tratamientos se emplea como envase aséptico para fluidos (jugos, leche).

Cuando es recubierto con mezclas de cera, los cartones plegables blancos son extremadamente empleados como envases para helados, una aplicación similar es para los alimentos refrigerados y congelados, estas cajas empleadas para estos productos no demandan un sellado hermético.

El equipo para envasar alimentos refrigerados y congelados utiliza generalmente un llenado en forma manual. Este tipo de alimentos utiliza el cartón de una forma particular, como contenedores, el papel encerado se envuelve adicionalmente al cartón. El cartón también es utilizado como un envase secundario para envases de alimentos congelados.

Otros de los mejores usos es como envases para cocer el alimento en el horno. Para prevenir que se manche la caja causando un mal aspecto el exterior de la misma dividido al escurrimiento de las grasas de los productos, el interior de la caja es tratada mediante laminación con "glassine" ó recubierta por emulsión con cloruro de polivinilideno.

Grandes toneladas de cartón resistente a la humedad es empleado como multiempaques para envases y botes para cerveza y bebidas suaves. Estos productos son vendidos y consumidos fríos, la húmeda puede condensarse en el cartón y debilitarlo, por lo cual debe estar recubierto para sufrir menos daños. (33)

CAPITULO
IV

CAPITULO IV. PANORAMA Y PERSPECTIVAS DEL CONSUMO DE MATERIALES EN MEXICO EMPLEADOS EN EL MANEJO DE ALIMENTOS REFRIGERADOS Y CONGELADOS.

En el manejo de alimentos refrigerados y congelados se emplean diversos materiales, los cuales mediante la adición de otros adquieren características que los hacen aptos para ser utilizado en un alimento determinado. Los materiales que se estudiarán a continuación son los de mayor consumo, correspondiendo a los plásticos, cabe señalar que otro tipo de material que se utiliza es el cartón, ya sea como envase plegable o como embalaje de cartón corrugado de formas variadas, llegándose a consumir en una menor proporción.

En 1994 el consumo de plásticos termofijos y termoplásticos fue de 1816253 Ton., este mismo año el mayor consumo que se presentó es en el polietileno de baja densidad, observándose en la tabla 11, teniendo una participación en el mercado mexicano de 25.59% habiendo una variación de un 2.4% entre éste y el plástico que ocupa en segundo lugar, correspondiendo al polietileno de alta densidad. Con respecto a las poliamidas presento una variación de un 96%, demostrando así mismo que el polietileno es el plástico de mayor consumo, viéndose reflejado a su vez en el capítulo uno, en el cual para la mayoría de los alimentos refrigerados y congelados se recomienda la utilización del polietileno como envase.

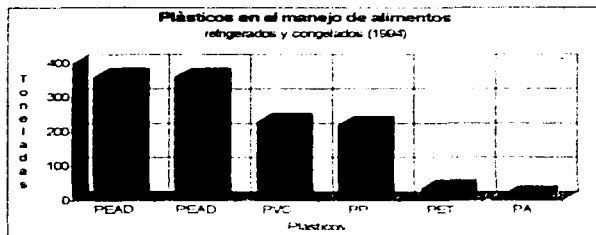
Tabla 11. Panorama del consumo aparente de los plásticos (1994)

Material	Consumo aparente 1994 (TON.)	Participación en el mercado mexicano (%)
PEBD	465692	25.59
PEAD	359231	19.71
PVC	229732	12.62
PP	219345	12.06
PET	35425	1.94
PA*	17132	0.94

*Proyecciones

Fuente: (IMPI) Anuario Estadístico del Plástico Industrial (1995)

Gráfica 1 Tendencias del consumo aparente en 1994



Las perspectivas de los datos basados en las proyecciones realizadas muestran para 1996 un decremento en la producción de plásticos más consumido en México, correspondiendo a un 11% con respecto a 1994, pero para el año 2000 se registrará un aumento del 17%, pudiéndose así demostrar que el polietileno de baja densidad será por mucho tiempo el plástico de mayor consumo en México. Los porcentajes de participación en el mercado mexicano para los plásticos de mayor consumo en el año 2000 será de la siguiente magnitud: PEAD 19%, PEAD 16%, PVC 9%, PP 9.5%, PET 2.06% y para PA el 2.68%, comparándose así lo anterior. Los diferentes plásticos utilizados en alimentos refrigerados y congelados tienen altibajos en ciertos años en su consumo aparente, mostrándose más adelante para cada producto en particular.

4.1 Polietileno de baja densidad.

4.1.2 Escenario del mercado.

Con respecto a este plástico se tiene que el consumo aparente se incremento de 1981 a 1985 a una tasa anual del 3.7% pasando de 259,040 Ton , a 299,830 Ton , durante el periodo siguiente de 1985 a 1989 se manifestó un incremento a un índice anual de 5.9%. En el tercer periodo comprendido de 1989 a 1994 se manifestó un índice de cambio de 4.28% anual debiéndose principalmente a una demanda de consumo irregular.

En base a proyecciones realizadas, las perspectivas que se tendrían en un periodo futuro 1994-2000 es una tasa anual del 1.01% del consumo aparente, pasando de 465,692 Ton. a 494,851.61 Ton., siempre llevándose acabo una tendencia de tipo positiva asía el consumo, sin embargo en el transcurso de 1981-1991 se han presentado grandes altibajos lo cual refleja que en ciertos periodos se tengan índices de crecimiento menores atribuyéndose a la demanda irregular mostrado en las variaciones del consumo.

Tabla 12. Información de mercado del PERL (1981-1994)

PANORAMA DEL MERCADO (Ton.)				
Año	Ventas	Importaciones	Consumo aparente	Variación del consumo (%)
1981	91245	167795	259040	19.5
1982	93345	161795	255140	-1.5
1983	88295	178830	267125	4.7
1984	133520	90780	224300	-16.1
1985	159995	139835	299830	33.7
1986	242165	84250	326415	8.9
1987	256835	14545	256100	-21.5
1988	317100	25880	347980	35.9
1989	340010	37500	377510	8.5
1990	347803	24805	345532	-8.5
1991	337211	33592	351975	1.8
1992	354817	68830	416479	18.3
1993	308000	54551	454114	9.0
1994	340980	156216	465692	2.5

Fuente (IMPI) Instituto Mexicano del Plástico Industrial (1995) durante este año

Los datos estadísticos mostrados en la tabla 12, nos muestran que cada tres años, a partir de 1984 hasta 1994, hay fluctuaciones muy importantes en las cuales se lleva acabo un decremento en el consumo aparente de este material. Por el contrario a partir de 1983 a 1992, las fluctuaciones de incremento registradas son cada tres años, posteriormente de 1992 a 1994 las fluctuaciones se llevaron acabo cada dos años, debiéndose principalmente a la gran cantidad de material que se importó en 1994, constituyendo el 44% del consumo interno. Por lo regular las fluctuaciones a partir de 1984 son cada tres años, registrándose decrementos, por lo cual mediante proyecciones se obtiene que para 1996 con

respecto a 1993 el consumo va a tener un índice de crecimiento del 17.8%, ya que anteriormente en el periodo de 1990 a 1993 se tubo un índice de crecimiento del 2.4%. En general se puede decir que las tendencias que se tienen para largo plazo(año 2000) nos presentan una tendencia del consumo positiva, registrando un índice de crecimiento del 3.46% pasando de 259,040 Ton a 494,891.61 Ton

4.1.2 Consumo por sectores.

El PEBD es transformado para obtener diversos productos en sector del envase como bolsa, película encogible, recubrimiento de papel y cartón, sacos, costales, botellas y tapas

Es relevante la aplicación como material de envase especializado, que requiere soportar condiciones extremas en su manejo, como es el caso de película para envases de alimentos perecederos, el mayor consumo en México del material es destinado a la elaboración de película para esta aplicación representando una participación para 1994 del 75%, la cual incluye material para envase, bolsas y laminaciones para recubrimientos de papel y cartón, utilizados como envase, estos datos pueden observarse en la tabla 13. Los segmentos de aplicación del PEBD se han mantenido practicamente estables, incrementandose en forma minima los usos en artículos, juguetes y piezas domesticas.

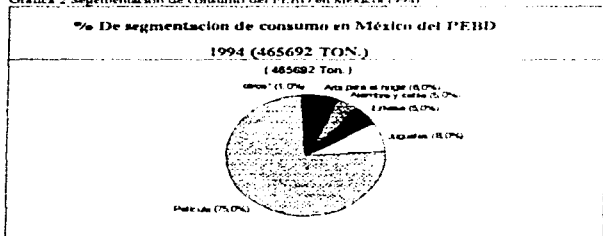
Tabla 13. Participación y tendencia histórica en el consumo del PEBD

PARTICIPACION Y TENDENCIA DEL CONSUMO EN MEXICO				
	(%)			
Aplicación	1985	1989	1994	Tendencia
Películas	81	77	75	VARIABLE
Arts. para el hogar	4	6	6	POSITIVA
Alambre y cable	5	4	5	VARIABLE
Envases	4	4	5	POSITIVA
Juguetes	2	3	8	POSITIVA
Otros*	4	5	1	

Fuente Industria Mexicana del Plastico (1990-1995)

La tendencia de consumo de PEHD mostrada en el pasado hace estimar que los segmentos actuales sufrirán variantes poco significativas durante los próximos tres años.

Gráfica 2 Segmentación de consumo del PEHD en México (1994)



(INPI Industria Mexicana del Plástico Industrial (1993))

Mostrará pequeños incrementos en cuanto a participación en el rubro de película al realizarse cada vez en mayor volumen las mezclas de PEHD y PEHD lineal, para lograr una mejoramiento en las propiedades mecánicas del producto y poder contrarrestar los volúmenes de importancia que se han realizado en este producto.

4.2 Polietileno de alta densidad.

4.2.1 Escenario del mercado.

La tabla 14, nos muestra que las importaciones de PEAD han seguido una tendencia positiva, al igual que en 1978 el volumen adquirido en el exterior represento el 94% de la demanda interna subiendo el nivel de autosuficiencia en los años siguientes hasta 1982. Apartir de este año hasta 1984 se ha requerido importar PEAD en niveles del 35% al 57% del consumo.

El consumo del PEAD no ha mostrado un comportamiento estable durante la presente década, reflejó grandes incrementos en 1983, 1986, 1989, 1992 y 1994, esto se puede observar en las variaciones

del consumo, ya que en 1983 se presentó una variación del 40.2% respecto a 1982, en 1986 mostró una variación del 24.3%, en 1989 del 16.6%, en 1992 se llevó a cabo una variación del 7.92% y en 1994 se registró la más grande de ellas, siendo del 65.15%. Una disminución considerable que se presentó fue en 1984, correspondiendo a un decremento del 30.3%.

A pesar de ello en 1981-1985 se registró un índice de crecimiento anual del 4.1%, para el periodo de 1985-1989 se obtuvo un índice de crecimiento del 15.5% anual, en un tercer periodo donde las demandas internas no fueron muy altas, pero siempre manteniéndose a la alza, en el periodo de 1989-1993, se registró un crecimiento anual del 17.2%.

Tabla 14. Panorama de mercado del PE AD en México (1981-1994)

PANORAMA DEL MERCADO (Ton.)				
Año	Ventas	Importaciones	Consumo	Variación del consumo (%)
1981	78060	18680	96750	4.1
1982	78330	25740	104670	7.6
1983	82200	63735	145935	40.2
1984	76290	40090	116380	-20.3
1985	67815	47405	113860	-2.2
1986	69075	72405	141525	24.3
1987	75990	68350	134745	-4.8
1988	81720	75955	157175	16.6
1989	97135	105870	203005	29.2
1990	175674	105767	226492	11.5
1991	212764	112340	250049	10.4
1992	220107	115727	268868	7.5
1993	197000	78224	217526	-19.1
1994	201510	203150	359230	65.1

Fuente: IMPI Instituto Mexicano del Plástico Industrial (1995).

Mediante proyecciones realizadas de las estadísticas presentadas se tiende a un índice de crecimiento mayor para el periodo comprendido de 1993-1996, siendo del 12.5% pasando de 217526 Ton. a 309766 Ton.. Se espera que para el año 2000 el consumo nos mostrará una tendencia positiva, registrándose un índice de crecimiento del 8.76% anual pasando de 309766 Ton. a 433422 Ton..

4.2.2 Consumo por sectores.

Tabla 15 Participación y tendencia histórica en el consumo del PEAD

PARTICIPACIÓN Y TENDENCIA DEL CONSUMO EN MÉXICO				
(%)				
Aplicación	1985	1989	1994	Tendencia
Envases	34	45	35	VARIABLE
Bienes de consumo	17	20	37	POSITIVA
Envases para alimentos	5	8	6	VARIABLE
Tubería	8	6	2	NEGATIVA
Acc. transportación	18	7	8	NEGATIVA
Arts. de recreación	7	5	5	VARIABLE
Alambre y cable	4	2	5	POSITIVA
Otros*	7	7	2	

Fuente (IMPI) Industria Mexicana del Plástico Industrial (1985)
 Anuario Estadístico del Plástico Industrial (1990)

El PEAD es utilizado para el área de envases principalmente en botellas para productos químicos, detergentes, limpiadores, dentro del ramo alimenticio en envases para leche, yoghurt, cremas, nieves, mantequilla, bebidas no gaseosas, tal como se muestra en la tabla 15. Además se emplea en frascos para productos cosméticos y recipientes de 20 lts..

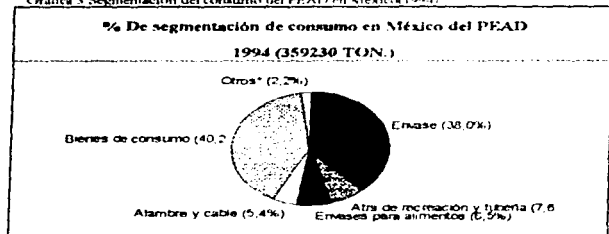
Una aplicación que ha venido creciendo en forma muy significativa es el de envase como película para alimentos, entre los cuales está el empleo en alimentos refrigerados y congelados. En el rubro de accesorios para transportación se considera en forma principal embalajes para transportar envases de refrescos, leche, verduras y frutas en las tarimas.

Otro de los importantes segmentos de consumo que constituye el 37%, componen las aplicaciones en el área de uso general principalmente doméstico, utilizándose en botes para basura, cubetas, bandejas, platos etc..

La participación de los diversos sectores de aplicación del PEAD han variado significativamente durante los últimos 9 años, las aplicaciones mayoritarias en 1985 corresponden a el sector de envases, el

cual posteriormente aumento en un 32% para 1989, pero para 1994 mostró un decremento del 22% con respecto a 1989, y la película que representa para 1985 un 5% para 1989 aumento en un 60% con respecto al año anterior, para el periodo de 1989-1994 el porcentaje de consumo para este segmento disminuyó en un 25%, sólo colocándose así en un 17% más que en 1985, con la cual se muestra que se tiene una tendencia variable de su consumo.

Gráfica 3 Segmentación del consumo del PEAD en México (1994)



(IMPI) Industria Mexicana del Plástico Industrial (1995)

Tomando como referencia el comportamiento histórico y la tendencia que se efectúa en los usos de esta resina, se considera que los segmentos de mercado que continuarán, aun con altibajos serán el de película, la utilización de resinas para mezclas y en menor medida el de envases, para el que ha mostrado un incremento considerable es para el empleo en alambre y cable.

4.3. Polipropileno.

4.3.1. Escenario del mercado.

De los datos estadísticos presentados en la tabla 16, se muestra que a partir de 1981, se tiene una demanda interna en México que es abastecida totalmente de las importaciones realizadas de otros países, entre los cuales se encuentran E.U.A. y Canadá a través del acuerdo comercial del tratado del libre comercio.

En 1976 la demanda fue de 32730 Ton. pasando a 99025 Ton. en 1981, representado durante dicho período un de crecimiento del 24% anual, sin embargo en 1982 la demanda interna y por consiguiente en las importaciones se llevo a cabo un decremento debido a la devaluación monetaria.

Tabla 16. Panorama de mercado del PP (1981-1994).

PANORAMA DEL MERCADO (Ton.)				
Año	Producción	Importación	Consumo aparente	Variación del consumo (%)
1981	0	99025	99025	43.8
1982	0	66310	66310	-33.1
1983	0	67120	67120	1.2
1984	0	70835	70835	1.5
1985	0	88585	88585	25.1
1986	0	93160	93160	5.2
1987	0	100785	100785	8.2
1988	0	100225	100225	-0.6
1989	0	105200	105200	5.1
1990	0	147729	147729	40.4
1991	36045	146842	178891	21.2
1992	113745	96865	179175	0.2
1993	139379	37799	151861	-15.2
1994	203000	62609	219545	44.6

Fuente (IMPI) Instituto Mexicano del Plástico Industrial (1995).

En el período correspondiente a 1985-1989 el consumo se recuperó en forma creciente y más o menos constante, pasando de 88585 Ton. a 105200 Ton., registrándose un crecimiento anual del 4.39%.

Durante el período correspondiente de 1989-1993 se han tenido altibajos en el consumo, debido a la demanda interna irregular, principalmente en el año de 1993, pasando de 105200 Ton. a 151861 Ton., registrándose un índice de crecimiento de 9.81%, lo cual nos indica un crecimiento de aproximadamente el doble del consumo del período anterior, debiéndose principalmente a las grandes importaciones que se llevaron a cabo, ya que en 1991 y 1992 constituyen arriba del 50% del consumo interno. Posteriormente para 1994 se llevo a cabo un aumento considerable del consumo con respecto a

1993, pasando de 219545 Ton., siendo atribuido a la gran cantidad de material producido, lo cual aumento en un 45%, así mismo se llevo acabo una mayor importación arriba del 50% del año anterior, todo esto en conjunto se vio reflejado en la gran variación del consumo, siendo la mayor hasta este año (44.56%). Las tendencias que nos muestran hasta 1994 son positivas, ya que año con año a partir de 1982 se han registrado altas y bajas de incrementos siempre en forma creciente

Las proyecciones realizadas a futuro nos muestran perspectivas negativas para 1996, ya que se registrará un índice de crecimiento de 8.1% anual, pasando de 219545 Ton a 185385 Ton correspondiente a 1994-1996 respectivamente, por el contrario para 1994-2000 se presentará un crecimiento positivo en el consumo aparente interno del 2.54%, pasando de 219545 ton. a 255311 Ton..

4.3.2. Consumo por sectores.

El consumo del PP se encuentra en función del tipo de proceso. El más utilizado para transformarlo es el de extrusión, por medio del cual se obtiene la película para el envasado de alimentos, otros de los procesos son: moldeo por inyección; a través del cual se obtienen tapas para envases y otros artículos, soplado; mediante este proceso producen básicamente envases para alimentos y cosméticos, compitiendo con el polietileno de alta densidad.

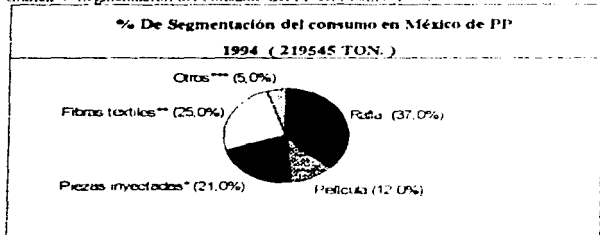
Tabla 17 Participación y tendencia histórica en el consumo del PP.....

PARTICIPACION Y TENDENCIA DEL CONSUMO EN MEXICO				
(%)				
Aplicación	1985	1989	1994	Tendencia
Rafia	40	36	37	ESTABLE
Películas	18	19	12	VARIABLE
Piezas inyectadas	18	24	21	ESTABLE
Fibras textiles	17	15	25	VARIABLE
Otros*	7	6	5	

Fuente (IMP) Industria del Plástico Industrial (1995)
Anuario Estadístico del Plástico Industrial (1990)

La participación de la película a tenido altibajos constituyendo para 1994 el segmento de menor consumo, disminuyendo en un 7% correspondiendo a 1989, tal como se muestra en la tabla 17, ya que en este año constituyo un 19% del consumo aparente del PP correspondiendo a 417113.55 Ton y en 1994 sólo se consume como película 26345.40 Ton. Por su parte la aplicación como ratía ha crecido en consumo, pero perdiendo participación, y el de fibras ha mostrado una tendencia variable, ya que en 1989 tuvo una disminución del 2% con respecto a 1985, pero para 1994 se registro un incremento muy alto, correspondiendo al 8% con respecto a 1985. Para las piezas inyectadas muestran una tendencia estable

Gráfica 4. Segmentación del consumo del PP en México (1994)



Fuente (IMPI) Industria Mexicana del Plástico Industrial (1995)

4.4 Cloruro de polivinilo.

4.4.1. Escenario del mercado.

Los datos registrados en la tabla 18 nos muestran que la producción de PVC paso de 131520 Ton. en 1981 a 262850 Ton. en 1985, incrementandose a un índice anual del 18.8%. A partir de este año se ha reflejado una situación inestable con altas y bajas en los siguientes cuatro años, en el periodo siguiente, comprendido de 1989-1993 la producción aumento en una mayor proporción que el periodo de 1981-1985, mostrando un índice de crecimiento del 50% anual, lo cual muestra que la producción para los siguientes años aumentará en forma considerable. Por otra parte las importaciones de PVC se han incrementado en el segundo periodo de 1985-1989 pasando de 2160 ton. a 10880, lo cual muestra un índice de crecimiento anual del 49.8%, constituyendo en 1989 un 8.01% del consumo aparente. Otras de

Las altas importaciones que se han realizado en México es en 1994, registrando 16575 Ton., lo cual constituye un 7.21% del consumo interno.

Tabla 18. Panorama de mercado del PVC (1981-1994)

**PANORAMA DEL MERCADO
(TON.)**

Años	Producción	Importación	Consumo aparente	Variación del consumo (%)
1981	131520	5750	137160	7.6
1982	142530	3650	128815	-6.1
1983	189985	3620	128405	-0.3
1984	251250	3165	132895	3.5
1985	262850	2160	148620	11.8
1986	264800	4150	120760	-18.7
1987	283745	4355	127100	5.3
1988	256345	5485	126270	-0.7
1989	262850	10880	135680	7.4
1990	309201	5977	129756	-4.3
1991	375008	14776	147305	13.5
1992	401355	15509	172473	17.1
1993	394511	8823	244487	45.9
1994	345897	16575	229732	-2.0

Fuente: INEGI/Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (1995)

Con respecto a las exportaciones se puede señalar que a partir de 1982 han sido significativas, y de 1983-1994 han representado más del 40% de la producción nacional, solo viéndose una ligera disminución en 1994, en la cual constituye el 38% de la producción nacional. Durante la presente década la demanda interna ha mostrado un comportamiento irregular, ocasionando por ello el contar con varios años con inventarios importantes. Su tendencia de consumo mostrados durante los últimos ocho años ha sido hacia la baja con excepción de 1985 en el cual mostró un aumento del 8.35% con respecto a 1981, pasando de 137160 Ton. a 148620 Ton.. Para el periodo comprendido de 1991-1994 se registrará un aumento considerable, debiéndose a la demanda más irregular de 1981-1994, mostrando un crecimiento anual del 11.75%. La perspectivas que se esperan para años posteriores, no son tan buenas, ya que para 1996 se tendrá un consumo aparente de 211997 Ton., registrándose un índice de crecimiento anual de 3.5%, pero para el año 2000 se incrementará en un 3.6% con respecto a 1996. Cabe señalar que de 1994 al 2000 se registrará un índice de 1.01% pasando de 229732 Ton. a 244119 Ton., lo cual se tiene

que la tendencia registrada es negativa, ya que para años anteriores se registraba mayor índice de crecimiento anual.

4.4.2. Consumo por sectores.

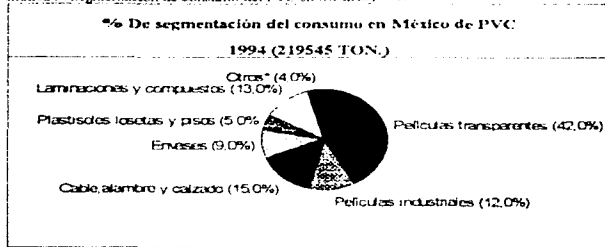
Tabla 19. Participación y tendencia histórica en el consumo del PVC
PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO EN MEXICO

APLICACION	(%)	1994
Películas transparentes		42
Películas industriales		12
Cable y alambre		10
Envases		9
Laminados		7
Compuestos		6
Calzado		5
Pisos y losetas		4
Plásticos		1
Otros *		4

Fuente (IMPI) Industria Mexicana del Plástico Industrial (1995).

De los estadísticos presentados en la tabla 18 del consumo, se presentan a continuación el consumo presentado por sectores para el cloruro de polivinilo (ver tabla 19).

Gráfica 5. Segmentación de consumo del PVC en México (1994)



Fuente (IMPI) Industria Mexicana del Plástico Industrial (1995)

El consumo que se registra en 1994 corresponden a 229732 Ton. de las cuales un 51% son utilizados para envases y como películas para envasado ya sea de alimentos perecederos o bebidas. El sector de película emplea 96486.44 Ton., estando a la cabeza del consumo, otros de los sectores importantes es el del envase que ocupa 2087508 Ton. del consumo aparente en el año 1994.

4.5. Tereftalato de polietileno.

4.5.1. Escenario del mercado.

Los datos registrados en la tabla 20, nos muestran que las importaciones y las exportaciones han sido irregulares y de volumen muy reducido menores de 1000 Ton. para los años comprendidos de 1985-1990 por lo cual son omitidos.

Tabla 20 Panorama de mercado del PET (1983-1994)

PANORAMA DEL MERCADO (Ton.)				
Año	Producción	Importación	Consumo	Variación en el consumo (%)
1983	14500	0	14500	-
1984	18000	0	18000	24.8
1985	18700	0	18700	3.3
1986	19200	0	17900	-4.2
1987	19500	0	20100	12.2
1988	19000	0	18700	-6.9
1989	20200	0	19800	5.8
1990	24100	0	13300	32.8
1991	30431	9455	30024	125.7
1992	32287	10963	36261	20.7
1993	32166	9807	35425	-2.3
1994*			33231	-6.2

Fuente: (CANACINTRA) Cámara Nacional de la Industria y la Transformación

* Datos proyectados.

En dicho periodo se muestra una tendencia positiva, lo cual hace prever que la demanda nacional continúe aumentando en índices importantes, dado que se trata de materiales con un amplio potencial en importantes segmentos del consumo; refiriéndose principalmente al ramo alimenticio, se utiliza como recubrimiento, como película para el envasado en alimentos refrigerados y congelados, para productos que son cocidos dentro del envase.

Las perspectivas que se tienen de 1993 a 1996 muestran en base a las proyecciones realizadas que se registrará un índice de crecimiento anual de 3.26% pasando de 35425 Ton. a 39005 Ton., posteriormente de 1996 a 2000, se tendrá un incremento mayor correspondiendo aun 8.34%, llevándose acabo un consumo de 53738 03 Ton., reflejando así mismo que las perspectivas que se tienen de este material son positivas.

En cuanto a sus aplicaciones se puede decir que un 50% se utilizan en la industria textil, se utiliza en botellas para aceite, alimentos condimentados, jugos, bebidas carbonatadas, como películas para recubrimientos en alimentos que son sometidos al horno de microondas, entre otros. Cabe señalar que poco a poco va sustituyendo al polietileno de alta densidad.

4.6. Poliamidas.

4.6.1. Escenario del mercado.

Como muestran los datos estadísticos registrados en la tabla 21, las importaciones de Poliamidas han mostrado fluctuaciones durante el periodo analizado, reflejando una tendencia de crecimiento de 1986-1993 muy notoria, llegando a representar arriba del 91% del consumo aparente nacional para los años de 1991-1993 representando cada año un porcentaje de: 91%, 92% y 95% respectivamente. Las importaciones se han visto favorecidas debido a que en México solo se produce la Poliamida 6.

De los estadísticos presentados se puede observar que a partir de 1982 a 1990 se registraron incrementos positivos en el consumo aparente nacional a un índice de crecimiento anual del 13.22% mostrando año con año altos y bajos índices de crecimiento.

En el periodo de 1989 a 1993 se registro un aumento en el consumo aparente nacional debiéndose principalmente a la gran cantidad importada del material, constituyendo arriba del 90% del consumo aparente. En éste periodo se registro un aumento del consumo de 50.91% anual. La tendencia global mostrada en dicho periodo hace prever que la demanda interna continúe aumentando a índices

importantes. Por otro lado las perspectivas que se muestran en base a proyecciones es que a partir de 1993 a 1996 se registrará un índice de crecimiento del 18.16% anual pasando de 16600 Ton. a 27385.58 Ton para un periodo mas largo de 1996-2000 se espera un crecimiento anual de 23.45%, registrandose un consumo de 69971.71 Ton.

Tabla 21 Panorama de mercado de las Poliamidas (1982-1994).

PANORAMA DEL MERCADO (Ton.)				
Año	Produccion	Importacion	Consumo aparente	Variación del consumo (%)
1982	700	485	1185	--
1983	1000	210	1210	2.1
1984	1300	250	1650	36.4
1985	1500	400	1900	15.2
1986	1150	465	1965	3.4
1987	1650	745	2195	11.7
1988	1860	1210	2670	21.6
1989	2570	1040	3190	19.5
1990	1700	1600	3200	0.3
1991	1600	17900	19500	509.4
1992	1400	18100	19500	0.0
1993	700	15900	16600	-14.8
1994*	--	--	17133	3.2

Fuente: (IMPI) Anuario Estadístico del Plástico Industrial
INEGI. La Industria Química en México (1991-1994).

*Proyecciones.

4.6.2. Consumo por sectores.

Los datos mostrados en la tabla 22, nos indican que su mayor participación básicamente en cuatro segmentos, monofilamentos, automotriz, electrónica-eléctrico, cuya participación corresponde a un 70% del consumo aparente, se espera que durante algunos años, algunos sectores como el electrodoméstico, juguetes y películas para envasar mantengan su participación.

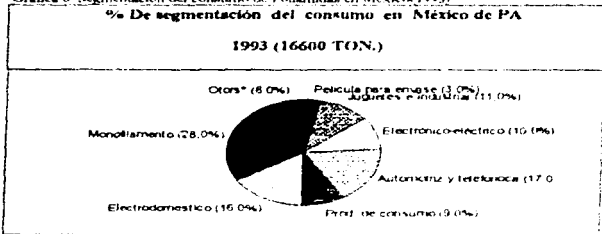
Las películas para envasar constituyen el 3% del consumo aparente interno correspondiendo a 498 Ton., estas películas son empleadas en alimentos perecederos, alimentos refrigerados y congelados, principalmente como materiales barrera en coextrusiones en varias capas, sirviendo como material barrera al oxígeno, a la humedad.

Tabla 22 Participación y tendencias históricas en el consumo de las PA. en México.
PARTICIPACION DEL CONSUMO EN MEXICO

APLICACION	1993 (%)
Película para envase	3
Industrial	5
Juguetes	6
Electrónica-Electrico	10
Automotriz	16
Productos de consumo	9
Electrodomestico	16
Monofilamento	28
Telefónica	1
Otros *	6

(IMPI) Instituto del Plástico Industrial (1995)

Gráfica 6 Segmentación del consumo de Poliamidas en México 1993:



En cuanto a envases y embalajes de cartón se puede decir que el consumo aparente que se registra para envases plegables en 1995 es de 370000 Ton. pero para 1996 se espera que aumente a 378000 Ton., llevándose acabo un crecimiento anual de 2.16%. El cartón corrugado utilizado para la elaboración de embalajes, a crecido notablemente su producción de 1987 a 1995 en un 3.3% anual pasando de 6125 Ton. a 7993 Ton. respectivamente.

En general se puede decir que el consumo aparente va en aumento, ya que en datos que engloban a los envases y embalajes de cartón se obtuvo para 1991 un consumo de 1678312 Ton. y para 1993, 1719429 Ton., registrándose un índice de crecimiento de 1.21%. Se espera que para 1996 se registre un consumo aparente de 1970016.4 Ton. a un índice de crecimiento anual de 4.63% (1)

CONCLUSIONES

-Dada la gran variedad de materiales existentes en el mercado, se debe seleccionar el tipo de material conforme a los requerimientos específicos de cada alimento en particular.

-Los materiales más utilizados en el manejo de alimentos refrigerados y congelados son los plásticos, empleándose con mayor frecuencia las cajas plegables como envases secundarios

-Los envases plegables son utilizados para productos que no excedan en una cantidad mayor de 1.5 kg., mientras que los envases de plástico se emplean para cantidades de producto igual o mayor, ayudando así a que el consumidor pueda adquirir mayor cantidad de producto dando menos vueltas al supermercado

-Para su empleo de envases plegables en alimentos refrigerados y congelados es necesario que se les adicione un recubrimiento de Cloruro de Polivinilideno, Polietileno o cera para proporcionarles así una mayor permeabilidad al vapor de agua, siendo una característica muy importante para los alimentos contenidos dentro del envase.

-Debido a que cada uno de los diferentes plásticos en particular no cumplen con las características necesarias para ser utilizados independientemente, se usan para alimentos refrigerados y congelados laminaciones, colocándoles en el centro un material barrera que ayude a cumplir con las características deseadas para el alimento.

-Los materiales conocidos como materiales barrera son el Cloruro de polivinilideno, el Etil Vinil-Alcohol, los cuales van a proporcionar al envase en el que se estén utilizando una menor permeabilidad a los gases.

-Dentro de los diferentes plásticos utilizados en el manejo de alimentos refrigerados y congelados, el polietileno es el de mayor consumo en México y en base a proyecciones realizadas se demuestra que lo seguirá siendo por mucho tiempo)

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- 1) ANUARIO ESTADISTICO (1993) Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el Papel
- 2) ARCE O. (1993) Optimizar al maximo la Tecnología de Empaque Vol. II, No. 17.
- 3) ARJONA JL. (1994) Memorias del Curso en el PUAL "Empaque e Ingeniería de Calidad en la Industria Alimentaria".
- 4) ARROCENA M. (1994) Tesis Profesional "El Mercado de Laminados de PVC en México".
- 5) ARTHE Y. (1992) Procesado de Hortalizas. Edit: Acribia. España
- 6) AUSTIN T. (1990) Manual de Procesos Químicos en la Industria. Edit: McGraw-Hill. México. Tomo III.
- 7) BILLMEYER F. (1984) Textbook of Polymer Science. Edit: John Wiley (3a edición). New York.
- 8) BETTISON J., REES J. (1991) Heat Preserved Foods. Edit.: Blackie. New York.
- 9) BOARD G. (1988) Introducción a la Microbiología Moderna de los Alimentos. Edit.: Acribia. España.
- 10) BRANDRUP J. (1989) Polymer Handbook. Edit: John Wiley & Sons. New York
- 11) BRISTON J. KATAN L. (1989) Plastics Fils. Edit: Lognan Scientific & Technical (3a edición). New York.
- 12) BROOFIEL A. (1993) Usos de Materiales Recubiertos en Bobina en Empaques Flexibles (2a edición). Vol. II.
- 13) BROWN E. (1994) Plastics in Food Packaging. Properties, Design and Fabrication. Edit.: Marcel Dekker. New York.
- 14) CELORIO B. (1993) Diseño del Embalaje para Exportación. Edit: Bancomex. México
- 15) CHAMPETIER G., MONNERIE I. (1973) Introducción a la Química Macromolecular. Edit.: Espasa Calpe. España.)
- 16) CHEFTEL H. (1989) Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos Vol. II Edit.: Acribia. España.
- 17) COLLAR E., TARANGO J. (1987) Hule Mexicano y Plásticos "Envases Becerra: Materiales y Tendencia de esta Tecnología".
- 18) COMISION PETROQUIMICA MEXICANA (1988) Plásticos de Ingeniería. Secretaría de Energía, Minas e Industria e Parastatales. México.
- 19) COX M. (1987) Deep Freezing a Comprehensive Guide to its Theory and Practice. Edit.: Acribia. España.

- 20) DRIVER I. (1989) Química y Tecnología de los Plásticos. Edit.: Urethanea (2a edición). Texas.
- 21) EMPAQUES PERFORMANCE (1995) Empaques Encogibles. Año 4, No. 43.
- 22) EMPAQUES PERFORMANCE (1995) Envolturas Encogibles. Año 4, No. 43.
- 23) EMPAQUES PERFORMANCE (1994) Exito del Polietilen Tereftalato. Vol. III No. 23.
- 24) EMPAQUES PERFORMANCE (1995) La Utilidad del Empaque. Año 4 No. 44.
- 25) EMPAQUES PERFORMANCE (1994) Panorama Plástico. Vol. III, No. 23.
- 26) EMPAQUES PERFORMANCE (1994) Panorama Plástico, Envases y PET area de Oportunidades en México. Año 4 No. 39.
- 27) EMPAQUES PERFORMANCE (1994) Panorama Plástico "Otras Aplicaciones de Envases Plásticos". Año 4, No. 40.
- 28) FOX A., CAMERON G. (1992) Ciencia de los Alimentos, Nutrición y Salud. Edit.: México
- 29) FRAZIER W. (1985) Microbiología de los Alimentos. Edit.: Acirbia. España
- 30) GEOFREY L. (1993) Packaging in the Environment. Edit.: Blackie Academic London Glasgow.
- 31) GEORGES R. (1993) Vitrinas y Muebles Frigoríficos. Edit.: A. Madrid Vicente Madrid.
- 32) GIRARD P. (1991) Tecnología de la Carne y de los Productos Carnicos. Edit.: Acirbia. España.
- 33) GRIFFIN R., SACHAROW S. (1985) Principles of Package Development. Edit.: AVI (2a edición). Connecticut.
- 34) GRUDA Z. (1986) Tecnología de la Congelacion de los Alimentos. Edit.: Acirbia. España
- 35) HANS J. (1981) Introduccion a la Higiene de los Alimentos. Edit.: Acirbia, España.
- 36) HARRINGTON A. (1991) "Packaging Foods with Plastics". Edit.: Technomic Lancaster Bascl. Pennsylvania.
- 37) HEISS R. (1977) Principio de Envasado de los Alimentos. Edit.: Acirbia España.
- 38) HAWTHORN J. (1983) Fundamentos de la Ciencia de los Alimentos. Edit.: Acirbia. España
- 39) HAYES P. (1993) Microbiología e higiene de los Alimentos. Edit.: Acirbia. España
- 40) HOTCHKISS J. (1988) Food Packaging Interactions. Edit.: American Chemical Society. Washington.
- 41) INSTITUTO INTERNACIONAL DEL FRIO (1990) Alimentos Congelados, Procesados y Distribución. Edit.: Acirbia. España.
- 42) JENKINS A., HARRINGTON P. (1991) Packaging Foods with Plastics. Edit.: Technomic. Lancaster.
- 43) JENSEN C. (1988) Dibujo y Diseño de Ingeniería. Edit.: McGraw-Hill. México.
- 44) JIMENES S. (1994) Tesis Profesional "Estudio de Factibilidad del Ciclado de Polipropileno".
- 45) KADOYA T. (1990) Food Packaging. Edit.: Academic. New York.

- 46) KADOYA T. (1991) Food Packaging. Edit.: Academic. New York.
- 47) KUHNE G. (1991) El Plástico en la Industria: Tratado Práctico. Envases y Empaque. Tomo 3. Edit.: G. Gil (2a edición). México.
- 48) LAWRIE A. (1977) Ciencia de la Carne. Edit.: Acribia (2a edición). España.
- 49) LEWIS M. (1993) Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Proceso. Edit.: Acribia. España.
- 50) MAYER L. (1981) Métodos de la Industria Química. Edit.: Reverte. Barcelona.
- 51) MEDINA M. (1984) Envases de Plástico para Alimentos. IMPI (1990) Anuario Estadístico del Plástico. México y el Mundo.
- 52) MEJIA M. (1993) Tesis Profesional "Plan de Mercadotecnia para Cajas de Cartón Plegadizo".
- 53) NIELSEN L. LENDEL R. (1991) Principles of Polymerization.
- 54) OLMEDO Q. (1993) Fabricación de Papel. Año 5. No. 45.
- 55) OLMEDO Q. (1992) Fabricación de Papel y Cartón. Vol. II. No. 17.
- 56) PETER F. (1994) Tecnología del Proceso de Alimentos. Edit.: Acribia. España.
- 57) PIERRE M. (1991) Ingeniería en la Industria Alimentaria. Vol. I. Edit.: Acribia. España.
- 58) RAMOS O. (1991) Estudio de Factibilidad de Elaboración y Aplicación de Envases Flexibles Esterilizables en la Industria Alimentaria en México.
- 59) RISCH S. HOTCHKISS J. (1991) Food and Packaging Interactions II. Edit.: American Chemical Society. Washington.
- 60) RODRIGUEZ A. (1994) Empaque Performance, Materiales Diversos para ___Empacar___ y ___Envasar___. Año 4. No. 49.
- 61) RODRIGUEZ J. (1995) Principios de Fabricación de los Materiales. Vol. II. No. 17.
- 62) RODRIGUEZ T. (1991) Introducción a la Ingeniería de Empaques para la Industria de Alimentos. UPICSA. México.
- 63) RODRIGUEZ T. (1989) Principles of Polymer Systems. Edit.: Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- 64) SCHWARTZ S. (1982) Plastics Materials and Processes. Edit.: Hemisphere Publishing. New York.
- 65) WILL R. (1989) Postharvest an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables. Edit.: Avi Book. New York.
- 66) PERSTORP XYTEC. INC., Ingeniería Diversificada de México.
- 67) ENVASES UNIVERSALES. San Martín Xochimahuac.

IMPI. Instituto Mexicano del Plástico Industrial.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática.

CANACINTRA. Cámara Nacional de la Industria y la Transformación.

ANEXO

ANEXO

PROPIEDADES DE LAS PELICULAS PLASTICAS MAS UTILIZADAS EN EL MANEJO DE ALIMENTOS REFRIGERADOS Y CONGELADOS.

Propiedades de las películas plásticas.

PROPIEDADES	BOPP	PEBD	PEAD	NYLON 11 Y 12	PVC	PET	PS	PVDC
Métodos de Producción	—	Extrusión	Extrusión	Extrusión	Extrusión Calandreado	Extrusión Bior. Orient.	Orientado	Extrusión Calandreado
Rango de grosor (m)	0.00045-0.004	-0.0003	-0.0003	0.0005-0.03	0.0005-0.040	0.00008-0.014	0.00025-0.020	0.0004- 0.036
Ancho máximo (in)	72-120	480	60	28	57	67-120	76	68
Densidad (g/cc)	0.90	0.91-0.94	0.941-0.965	1.14	1.20-1.30	1.35	1.04	1.70
Temperatura de fusión (°C)	150-170	115	135	223	85	250-290	82-88	200
Resistencia a la tensión p	7500-4000	1500-4000	2000-4000	7000-12000	3000-6000	20000-350000	8000-12000	8000-16000
Elongación %	35-475	100-700	10-650	250-400	350-400	60-165	3-40	30
Resistencia a la explosión 1-mil espesor	—	10-12	—	60	—	55-80	16-35	25-35
Resistencia al rasgado (g)	3-10	50-300	50-300	400-500	450-750	50-300	5	10-35
Absorción de agua 24 hra.	-0.005	-0.01	-0.01	0.27-0.25	Insignificante	Menor a 0.8	0.04-0.10	—
WVTR trans. Vapor de agua g. mm/m ² /24 hr. a 37.8 ° C	0.1	0.4-0.6	0.1	1.6	11.8	0.4-0.5	2.76-3.94	0.80-0.24
Permeabilidad a gases a 25 ° C cm ³ . ml/100 in ² /24 hr. atm.								
CO ₂	440	2700	580	153-336	20-500	15-25	900	3.8-44
H ₂	—	1950	—	323	—	100	—	40-91
N ₂	20	180	42	3.4-18	—	0.7-1	—	0.12-1.5
O ₂	160	500	185	34-92	600	3-6	250-350	0.8-6.9

DATOS TOMADOS DE INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE EMPAQUES PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS (UTPESA 1991)

Datos basados en 1 mil de película

PROPIEDADES	PEBAD	PEAD	BOPP	EVOH	PVDC	PET	NYLON	PVC
Rendimiento (m ² /Kg.1 mil)	42.6	41.2	4.4	32.7 a 34.7	24	28.4	35	28
Transmisión de la luz (%)	65	---	80	90	90	88	88	90
Temperatura de sellado (°C)	121.1 a 176.6	135 a 154.4	93.3 a 148.8	176.6 a 204.4	121.1 a 176.6	135 a 176.6	121.1 a 176.6	137 a 171.1
Temperatura de uso (°C)	-56.6 a 82.2	-40 a 121.1	-4.4 a 121.1	-28.8 a 148.8	-17.7 a 135	-73.3 a 148.8	-73.3 a 204.4	-28.8 a 65.5

DATOS TOMADOS DE PACKAGING FOODS WITH PLASTICS TECHNIC 1991